

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE MEDICINA

E.A.P. DE TECNOLOGÍA MÉDICA

**Estudio de la fuerza muscular del cuádriceps en
pacientes post operados de ligamento cruzado
anterior**

TESIS

**Para optar el Título Profesional de Licenciado en Tecnología Médica en el
Área de Terapia Física y Rehabilitación**

AUTOR

Pedro Pablo Olivera Cárdenas

ASESOR

Olga Jenny Cornejo Jurado

Lima – Perú

2014

DEDICATORIA

A mis padres por cada momento en los que he contado con su incondicional apoyo y respaldo, y por quienes guardo la mayor admiración.

También a mi asesora por la buena disposición en brindarme sus conocimientos en beneficio de la investigación.

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| RESUMEN | 2 |
| INTRODUCCIÓN | 6 |
| 1. Antecedentes..... | 7 |
| 2. Objetivos..... | 11 |
| 3. Base teórica..... | 13 |
| 4. Hipótesis..... | 56 |
| MÉTODOS | 57 |
| 1. Tipo de investigación | 57 |
| 2. Población..... | 57 |
| 3. Muestra..... | 57 |
| 4. Criterios de selección | 58 |
| 5. Variables..... | 59 |
| 6. Operacionalización de variables | 59 |
| 7. Técnicas e instrumentos | 61 |
| 8. Plan de recolección | 62 |
| 9. Análisis estadístico de datos | 63 |
| 10. Consideraciones éticas..... | 64 |
| RESULTADOS..... | 65 |
| DISCUSIÓN | 85 |
| CONCLUSIÓN | 90 |
| RECOMENDACIONES | 92 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 94 |
| ANEXOS | 99 |

RESUMEN

Objetivos: Establecer el valor de la disminución de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior.

Material y métodos: Estudio de enfoque cuantitativo, de diseño no experimental y de tipo transversal, a pacientes con diagnóstico médico de post-operado de ligamento cruzado anterior, diagnosticados en el Servicio de Medicina Física y Rehabilitación del Centro Médico Naval Cirujano Mayor Santiago Távara entre 20 y 50 años de edad. Se evaluó mediante una ficha que contiene el test de fuerza máxima y medición del trofismo muscular del muslo. La muestra estuvo compuesta por 20 personas cumpliendo con los correspondientes criterios de inclusión.

Resultados: Los resultados promedios de la fuerza muscular dinámica máxima por implante quirúrgico, de la muestra en el miembro operado y no operado evidencia que los que habían sido operados con implante quirúrgico de Autoinjerto presentaron una fuerza muscular dinámica máxima promedio de índice 0.37, que según la escala de aptitud muscular en relación a la masa corporal es de categoría mala; y en el miembro no operado una fuerza muscular de índice 0.64, siendo de categoría buena. Por su parte los que habían sido operados con implante quirúrgico de Aloinjerto presentaron una fuerza muscular promedio de índice 0.38, equivalente a una categoría mala; y en el miembro no operado un índice de 0.66, siendo de categoría buena.

Conclusiones: Los pacientes post operados de ligamento cruzado anterior muestran 41.3% de disminución de la fuerza muscular en el miembro operado en relación al miembro no operado. En el análisis estadístico, la diferencia es considerada significativa. Además, el valor promedio de fuerza muscular se encuentra en la categoría de mala aptitud muscular. Con todo ello se establece que si existe disminución de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior.

Palabras clave: Ligamento cruzado anterior, fuerza muscular, cuádriceps.

ABSTRACT

Objectives: To establish the decrease in quadriceps muscle strength in patients undergoing post anterior cruciate ligament.

Material and Methods: We studied quantitative approach, non-experimental cross-sectional design, people with medical diagnosis of post-surgery for anterior cruciate ligament, diagnosed in the Department of Physical Medicine and Rehabilitation Medical Center Naval Surgeon Santiago Mayor Távara between 20 and 50 years old. It was assessed using a tab that contains the maximum strength test and measurement of thigh muscle trophism. The sample consisted of 20 individuals fulfilling the corresponding criteria.

Results: The average results of dynamic muscle strength maximum for surgical implant sample member in the operated and non-operated evidence that those who had been operated on with surgical implantation of autograft showed a mean maximal dynamic muscle strength index 0.37, which according muscular fitness scale in relation to body mass is poor category; and the member unoperated muscle strength index 0.64, being upmarket. Meanwhile those who had been operated on with surgical implantation of allograft had an average index 0.38, equivalent to poor muscle strength category; and the member unoperated index 0.66, being upmarket.

Conclusions: The patients undergoing post ACL have mostly, muscle strength values that are in the category of poor muscular fitness. In addition to significant differences between unoperated member relative to operated, which states that

there is decreased quadriceps muscle strength in patients undergoing post anterior cruciate ligament.

Keywords: Anterior cruciate ligament, muscle strength, quadriceps.

INTRODUCCIÓN

La continua práctica de actividades de carga pesada o de deportes de contacto, ocasiona la ruptura del ligamento cruzado anterior (LCA), por lo que existe una alta incidencia de personas que sufren esta lesión. No exento a esto, el Servicio de Medicina Física y Rehabilitación del Centro Médico Naval “Cirujano Mayor Santiago Távara”, brinda la correspondiente atención a una gran cantidad de pacientes operados de dicha patología, por lo que es muy importante el temprano y adecuado abordaje fisioterapéutico, en busca de su retorno a la funcionalidad.

En base a ello, algunos autores afirman que “después de una reconstrucción del LCA con frecuencia se observa una debilidad prolongada del cuádriceps¹”. Es así que, desde sus primeras aplicaciones hasta la actualidad, ha tenido como consecuencia una serie de complicaciones, siendo quizá ésta la más evidente.

Esta disminución, refieren, está dada por factores como la “morbilidad del sitio de donación del injerto, derrame postoperatorio, uso de isquemia y restricciones en la actividad¹”, ésta última relacionada a la inmovilización consecuenta. Además debe tenerse en cuenta, la modificación del eje de transmisión de tensiones, y en algunos casos, la afectación de la zona de inserción del mencionado grupo muscular. Dichas característica post quirúrgica son factores que limitarían el retorno a la actividad diaria de manera normal.

1. ANTECEDENTES

Luego de haber realizado la revisión de antecedentes se ha encontrado algunos relacionados con la presente investigación. Así tenemos que:

- ✓ Alba Rivera García, en su proyecto de investigación “Tratamiento fisioterapéutico tras reconstrucción del ligamento cruzado anterior²” (2010) tuvo como objetivo principal describir la evolución de los pacientes post-operados de lesión de ligamento cruzado anterior tras seguir los protocolos de tratamiento del Hospital Ramón y Cajal, y determinar si podrían ser mejorados para conseguir una recuperación más rápida sin dañar la articulación; tras la finalización de los periodos de tratamiento, el paciente que siguió un protocolo más acelerado obtuvo un mayor éxito en su recuperación. En base a los resultados obtenidos y a la evidencia científica, se concluyó que es necesario modificar los protocolos empleados en el hospital, teniendo siempre en cuenta que debe primar el estado y respuesta de cada paciente frente a las pautas establecidas por dichos protocolos, pero que éstas son necesarias para asegurar el éxito de la rehabilitación.

- ✓ Natalia Gonzáles y Daniel Letelier, en su proyecto de investigación “Retardo electromiográfico en la musculatura flexora de rodilla en pacientes post-operados de ligamento cruzado anterior³” (2005), tuvieron como objetivo medir el retardo electromiográfico de los músculos flexores de rodilla, bíceps femoral y semitendinoso, mediante electromiografía de superficie. En este estudio no

experimental, descriptivo y transversal, usaron el test no paramétrico de Wilcoxon, concluyendo que no existen diferencias estadísticamente significativas en los valores de retardo electromiográfico medido por electromiografía en rodilla operada y no operada de los pacientes con reconstrucción de ligamento cruzado anterior; en pacientes con post-operatorio de 3 a 6 meses y de 7 a 10 meses; y en pacientes operados de ligamento cruzado anterior y en el grupo control.

- ✓ Gerardo Bejarano y Leonardo Bitschin, en su proyecto de investigación “La fuerza explosiva y la rehabilitación kinésica del ligamento cruzado anterior⁴” (2004), tuvieron como objetivo analizar la fuerza explosiva unipodal y bipodal de los deportistas al finalizar el proceso de rehabilitación post quirúrgica de ligamento cruzado anterior. En este estudio de tipo cuantitativo y diseño transversal, se usó el Test de Bosco, para medir el desarrollo de fuerza explosiva a través del salto. Los resultados obtenidos según las evaluaciones nos muestra que existe un déficit importante de fuerza explosiva tanto en forma unipodal como en forma bipodal, de esta variante de fuerza muscular. Esto demuestra que la fuerza explosiva en la preparación física es insuficiente, o en dicha preparación no se hace un trabajo diferenciado entre los deportistas que han sufrido una lesión de los que no la han padecido.

- ✓ Andrés Esper, en su publicación titulada “Variación de los niveles de fuerza en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior con el transcurso del tiempo⁵” (2005), tuvo como objetivo establecer si existe pérdida de la fuerza en los músculos cuádriceps e isquiotibiales en el miembro afectado en relación al contra-lateral. Se utilizó el Test de fuerza máxima, en máquinas isotónicas; concluyendo que los isquiotibiales tienen en la mayoría de los sujetos la misma fuerza en ambos miembros. En cambio, los cuádriceps sufren más modificaciones. Si sumamos todos los valores de fuerza, los isquiotibiales del lado afectado son un 43% más fuertes que los del miembro contra – lateral.

- ✓ Sebastián Felipe Farias Torres y Javier Marina del Río, en su proyecto de investigación “Comparación funcional entre injertos Hueso-Tendón Patelar-Hueso y Tendón Semitendinoso-Gracilis en la reconstrucción del Ligamento Cruzado Anterior de Rodilla” (2005) tuvieron como objetivo principal comparar la efectividad, en cuanto a la funcionalidad, entre reconstrucción del LCA de rodilla mediante injertos con HTH y ST-g en pacientes entre 6, 9 y 12 meses de operados. En este estudio de tipo no experimental, descriptivo y transversal, usaron cuatro instrumentos de recolección de datos, formulario para la evaluación subjetiva de rodilla, la escala Lysholm de Rodilla, la escala Tegner de Nivel de Actividad y la escala Visual Análoga para la evaluación dolor. En el análisis estadístico usaron el test no paramétrico de U de Mann-

Whitney, concluyendo que en el grupo de pacientes de 9 meses de evolución las personas operadas con la técnica de ST-g logran una mayor funcionalidad que las operadas con la técnica H-T-H.

- ✓ Vanessa Arribas, en su proyecto de investigación “Valoración del tratamiento fisioterapéutico previo a la reconstrucción del ligamento cruzado anterior de la rodilla” (2013) tuvo como objetivo principal valorar la necesidad, eficacia e importancia de la recuperación de ciertos parámetros alterados en la rodilla, como consecuencia de la rotura del LCA, antes de que el paciente se someta a su reconstrucción quirúrgica y posterior tratamiento. En este estudio se concluyó la necesidad de la instauración completa del arco de movimiento de la rodilla, así como la importancia de recuperar la fuerza muscular, que se vio afectada y disminuida por causa de la lesión, antes de la reconstrucción del ligamento.

Según lo mencionado, cabe destacar la importancia del proceso de rehabilitación, pues busca “conseguir una recuperación óptima del balance articular, fuerza, propiocepción y estabilidad, que permitan un funcionalismo normal de la rodilla⁶”. En pocas palabras, disminuir el tiempo de duración de la reparación de los tejidos afectados. Con todo lo mencionado, es importante destacar la relevante función del músculo cuádriceps, y su afectación post quirúrgica.

La presente investigación, busca establecer la disminución de fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior, postulada en

las bibliografías recopiladas, al iniciar el programa de fortalecimiento fisioterapéutico.

2. OBJETIVOS

Objetivo general

- ✓ Establecer el valor de la disminución de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior.

Objetivos específicos

- ✓ Determinar el valor de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior con implante de autoinjerto.
- ✓ Determinar el valor de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior con implante de aloinjerto.
- ✓ Determinar las variaciones del trofismo muscular del muslo en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior con implante de autoinjerto o aloinjerto.

Conociendo la importante relación entre el estado del mencionado ligamento con la función del cuádriceps, y sabiendo que la cirugía del primero, es una de las más usadas en el campo traumatológico, cabe destacar la posibilidad de que el estadio post quirúrgico traiga consigo una serie de complicaciones, entre las que se destaque la debilidad de dicho grupo muscular.

En ese sentido, se han revisado diversas bibliografías que reafirman esta disminución en las variantes de su fuerza muscular⁷. Siendo además, una característica que se podría mantenerse durante gran parte del programa de rehabilitación.

Es así que, en las instituciones castrenses, como el Centro Médico Naval (CEMENA), los oficiales, técnicos, y beneficiarios del sistema, acuden al respectivo Servicio de Medicina Física y Rehabilitación, con la finalidad de encontrar una solución a la mencionada patología ligamentaria, registrándose por ello un gran número de atenciones, que demuestra la gran demanda social existente.

Estos datos de suma relevancia conllevan que el presente estudio tenga la finalidad de establecer la disminución de fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior, al iniciar un programa rehabilitador, y de esta manera, teniendo un conocimiento real del estado muscular, se pueda establecer un protocolo diferenciado, enfocado a un mejoramiento de la función del mencionado músculo, obteniendo así, mejores resultados.

3. BASE TEÓRICA

3.1 LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

3.1.1 HISTOLOGÍA

Histológicamente, el ligamento cruzado anterior, se define como una estructura de tejido conectivo denso, orientado de forma regular, y que contiene filas paralelas de fibroblastos distribuidas, a su vez, en haces de fibras colágenas⁸.

Los fibroblastos se encargan de la secreción de la matriz extracelular del colágeno, en donde encontramos a los proteoglucanos entre otros. Todos los elementos de la matriz extracelular contribuyen a la función del ligamento; el componente fundamental en las estructuras de los ligamentos es el colágeno de tipo I, el cual conforma aproximadamente un 70% de su peso. Éste colágeno está dispuesto según un complejo orden jerárquico, en el que se presentan redes entrecruzadas de fibrillas de colágeno no paralelas, que se agrupan en fibras, formando subfascículos, y que posteriormente se agruparan para conformar el endotenon, epitenon y paratenon.

Esta disposición estructural jerárquica, junto con las uniones cruzadas del colágeno y la interacción con otros componentes de la matriz extracelular, como son el agua y los proteoglucanos, confieren al ligamento sus propiedades materiales inherentes.

Entre estas propiedades, destacan las siguientes:

- ✓ Anisotropía, debido a que los distintos componentes del tejido asumen la carga con diferentes niveles de tensión, mostrando un comportamiento mecánico, no lineal según las distintas direcciones.
- ✓ Viscoelasticidad, teniendo posibilidad de deformación dependiente del tiempo de duración.
- ✓ Arrastre o deformación progresiva con la aplicación de una carga constante, dando lugar posteriormente a la relajación de la tensión, lo que implica una disminución paulatina al aplicarse una deformación constante.

3.1.2 ANATOMÍA

Los ligamentos cruzados de la rodilla son los encargados de regular la cinemática articular y además sirven como órganos sensores que informan sobre la posición de las superficies articulares influyendo en la musculatura periarticular, variando de esta manera, su dirección y magnitud de fuerzas, así también, y de forma indirecta, sobre la distribución de tensiones articulares. Es así que, la primera obligación del ligamento cruzado anterior es impedir el desplazamiento anterior de la tibia con relación al fémur y, en menor medida, controlar en carga la laxitud en varo, en valgo y la rotación.

Para tener un conocimiento más profundo sobre su función, se debe considerar que el LCA no es una estructura única, sino que está compuesto por fibras, agrupadas a su vez, en haces de éstas. Consiguiente a ello, son muchos los estudios realizados en relación a la estructura multifibrilar del ligamento.

Es de destacar, la investigación de los hermanos Weber, quienes señalaron la conformación del ligamento cruzado anterior por dos haces funcionalmente diferentes, uno antero-medial y otro postero-lateral. Posteriormente A. Kapandji describiría un tercer haz, denominado intermedio, y que además, según menciona, poseería características de los dos anteriores.

Algunas de las principales características son las siguientes⁸:

- ✓ El haz antero-medial; es el más largo, así como también el primero que se localiza y el más expuesto a los traumatismos.
- ✓ El haz postero-lateral; está oculto por el precedente y es el que resiste en las rupturas parciales.
- ✓ Y el haz intermedio; presenta una resistencia media ante los traumatismos.

En conjunto, su forma se muestra torcida sobre sí misma, ya que sus fibras más anteriores sobre la tibia presentan las inserciones más inferiores y más anteriores en el fémur. Del mismo modo, sus fibras más posteriores sobre la tibia se insertan en la parte más superior del fémur,

aunque todo esto tiene su explicación en el hecho de que las fibras del ligamento cruzado anterior no tienen la misma longitud.

Según F. Bonnel, la longitud media de las fibras del LCA variaba entre 18.5 y 33.5 mm, sin embargo según mediciones actuales, dicha longitud presenta valores entre 22 y 41 mm. Los resultados obtenidos por Maestro fueron de 37 mm para los haces más anteriores que van disminuyendo progresivamente hasta los 24 mm que miden los posteriores. Con esto se denota la existencia de una gran desigualdad en la posición de cada una de ellas, ya que de otra forma no podrían equiparar esta discrepancia de longitud.

Los ligamentos cruzados establecen conexiones tan íntimas con la cápsula articular que se podría decir que en realidad no son más que engrosamientos de la misma, y que como tales son parte integrante de ella⁹.

Son muchos los estudios, en relación a las zonas de inserción del LCA. En base a ellos, se postula que el origen de éste, se da en la cara interna del cóndilo femoral externo, siendo ésta, una fosa elíptica con muchos orificios vasculares. Las inserciones suelen ser, para ambos fascículos, circulares u ovales y muy parecidas en tamaño. El haz antero-medial se origina en la parte más anterior y proximal del fémur y se inserta en la parte anterior de la espina tibial. Por su parte, el haz postero-lateral tiene un origen más distal y ligeramente posterior en el fémur para terminar disponiéndose en la tibia en una posición posterior en relación al anterior. Aunque investigaciones establecen que la huella de inserción de las

fibras antero-mediales ocupa aproximadamente el 52% del área de inserción femoral, otras hablan de un 67% de ocupación por parte de éstas. Con estos datos, se describe su trayectoria, siendo ésta, oblicua hacia arriba, hacia atrás y hacia afuera. El LCA es el más anterior en la tibia y el más externo en el fémur, por lo que también recibe el nombre de ligamento cruzado antero externo³.

3.1.3 DIRECCIONALIDAD

Dentro de una esquematización analítica, los ligamentos cruzados son vistos en una misma perspectiva tridimensional y comparativa, donde ambos aparecen entrecruzados en el espacio uno respecto al otro.

En el plano sagital, el ligamento cruzado anterior es oblicuo hacia arriba y hacia atrás, en contraposición al postero-interno cuya oblicuidad está direccionada hacia arriba y adelante.

La dirección, con respecto al ligamento cruzado posterior, también es cruzada en el plano frontal, puesto que las inserciones tibiales de ambos están alineadas en el eje anteroposterior, mientras que sus inserciones femorales están a 1.7 cm. de distancia; con lo que se concluye que, mientras que el ligamento cruzado posterior es oblicuo hacia arriba y adentro, el LCA lo es hacia arriba y hacia afuera.

En el plano horizontal, sin embargo, son paralelos y contactan entre sí a través de su borde axial.

Cabe mencionar, que de la misma forma como el ligamento cruzado, está interrelacionado con el posterior, también lo está con el ligamento lateral del lado homólogo respectivo.

3.1.4 CARACTERÍSTICAS

Algunas de las características más destacadas del ligamento cruzado anterior, son el grosor, estructura, y la extensión de sus inserciones; las cuales se describen a continuación⁸.

Grosor del ligamento.-

El grosor del ligamento es directamente proporcional a su resistencia e inversamente proporcional a sus posibilidades de alargamiento, pudiéndose considerar cada fibra como un pequeño resorte elemental. Es así, que el diámetro del LCA se midió a tres niveles distintos, proximal, medio y distal.

El diámetro promedio en el tercio proximal es de 7.9 mm, en el tercio medio de 7.7 mm, mientras que en el tercio distal de 8.3 mm.

Las mayores dimensiones se encuentran en la inserción tibial, pudiendo ser la causa, en parte, de la mayor tendencia a la producción de avulsiones.

Estructura del ligamento.-

Debido a la diferencia en la extensión de las inserciones, todas las fibras no poseen la misma longitud. Esto significa que no se solicita cada fibra

al mismo tiempo durante un determinado movimiento. Como en el caso de las fibras musculares, se trata de un verdadero reclutamiento de las fibras ligamentosas durante éste, lo que hace variar su elasticidad y resistencia.

Extensión y dirección de las inserciones.-

Las fibras del ligamento no son siempre paralelas entre sí, sino más bien, oblicuas y perpendiculares en el espacio; además, la dirección relativa de las inserciones varía durante el movimiento, lo que contribuye al reclutamiento; modificando así la dirección de la acción del movimiento, considerado globalmente.

3.1.5 IRRIGACIÓN

Por su importancia en el proceso de reparación del ligamento, es necesario el conocimiento de la irrigación que éste presenta. En base a esto, se conoce que las arterias que proporcionan vascularización al ligamento cruzado anterior proceden de la arteria genicular media, la cual envía cuatro ramas al cruzado posterior y solamente una al LCA³.

Ésta, nace de la arteria poplítea y se dirige hacia la parte posterior de la cápsula articular, penetrando en la escotadura intercondílea. La vascularización ligamentaria se da, mediante ramificaciones que además, nutren también a la epífisis femoral distal, la membrana sinovial, la epífisis tibial proximal y a la ya mencionada cápsula articular.

La rama mayor, que irriga la parte proximal de la tibia, desciende por la superficie posterior del LCA y se bifurca inmediatamente por encima de la espina tibial; sus ramificaciones terminales también nutren a las superficies articulares de los cóndilos tibiales¹⁰.

En tanto que los vasos que penetran en el ligamento, lo hacen a lo largo de los pliegues sinoviales, tanto proximales como distales. En el pliegue proximal posterior, las arterias penetran el ligamento y se ramifican en la sinovial paraligamentosa, en dirección proximal y distal, formando una fina red de vasos dentro de ésta. A su vez, en el pliegue distal anterior, las pequeñas arterias penetran en el ligamento y se ramifican en dirección proximal.

Estos vasos relacionados a los pliegues sinoviales se arborizan hasta formar una red de vasos periligamentosos que enfundan la totalidad del ligamento. Además de esto, se sabe de la existencia de unas pequeñas ramas que penetran transversalmente en el ligamento, y que se anastomosan con la red de vasos endoligamentosos que rodean los haces de fibras colágenas.

A nivel de la inserción femoral existen algunos vasos endostales de calibre capilar, que se comunican con vasos endoligamentosos. Por su parte, se ha demostrado que la resección de la almohadilla grasa infra rotuliana y la sinovial que rodea a los ligamentos cruzados, empeora la revascularización tras la sección quirúrgica parcial de los ligamentos, por lo que se infiere el buen aporte sanguíneo que esta almohadilla brinda.

3.1.6 INERVACIÓN

Por su parte, y como ya es conocido, los mecanorreceptores desempeñan un papel importante en los arcos reflejos de la rodilla, los cuales sirven para protegerla de una deformación por encima de los límites anatómicos.

En base a ello, investigaciones encontraron una extensa red nerviosa en el interior del ligamento. En éste, las fibras nerviosas penetran por medio de un axón desde el tejido conectivo, y terminan en varios receptores especializados, los mismos que fueron identificados dentro de la estructura colágena del ligamento, así como en los alrededores de éste tejido¹¹.

Se han logrado identificar dos tipos distintos de mecanorreceptores en el ligamento cruzado anterior, las terminaciones de Ruffini y los corpúsculos de Pacini. Además de los dos receptores mencionados, también se han encontrado terminaciones nerviosas libres, constituyendo un sistema receptor del dolor para los tejidos del ligamento. Sin embargo, el pequeño número de estas terminaciones indica que el ligamento es, relativamente, insensible al dolor. Proporcionalmente, los elementos nerviosos constituyen un 1% del ligamento. Así también, los axones, receptores especializados y terminaciones nerviosas libres constituyen, aproximadamente el 3% del área del tejido sinovial y subsinovial que rodea al LCA³.

En consecuencia, el ligamento cruzado anterior tiene un sistema mecanorreceptor, activado por el movimiento articular, capaz de

responder a la tensión e informar al sistema nervioso central sobre la velocidad, aceleración, dirección del movimiento y la posición de la articulación, para programar una corrección en caso se requiera.

3.1.7 MECANISMO DE ACCIÓN

Al considerar los micromovimientos que se producen en la articulación de la rodilla, se sabe que la rodadura y el deslizamiento de los cóndilos femorales sobre las glenoides, genera una inestabilidad articular. Según esto, se reconoce a los ligamentos cruzados como factores pasivos predominantes para el mantenimiento de dicha estabilidad. De esta manera, al generarse tensión en el LCA, se origina la activación de sus receptores especializados antes mencionados, iniciando el control del movimiento por parte de los cóndilos, de forma que éstos se deslicen sobre las glenoides en sentido inverso a su rodadura, evitando de esta manera, algún tipo de incongruencia.

Es así, que el LCA se tensa durante el movimiento de flexo extensión de la articulación de la rodilla y actúa como una estructura que limita la hiperextensión y previene el deslizamiento hacia atrás del fémur sobre el platillo tibial. Además, evita la rotación axial excesiva de la tibia sobre el fémur y mantiene la estabilidad en valgo y varo⁸.

Consiguiente a ello, los ligamentos cruzados están dispuestos de tal forma que en todas las posiciones hay alguna porción de ellos en tensión.

Cada fascículo del ligamento cruzado anterior tiene una función en la estabilidad de la articulación de la rodilla. Cuando la rodilla está en extensión las fibras de los haces antero-medial y postero-lateral están paralelas y se encuentran en tensión, sin embargo este último haz se encuentra más tenso en relación al otro; dicha tensión se mantiene alta en el postero-lateral hasta los 45° de flexión aproximadamente. Cuando la flexión de rodilla se torna igual o superior a 90°, son las fibras del haz antero-medial las que se encuentran en máxima tensión. En general, el fascículo PL se tensa durante la extensión y el AM se relaja; mientras que en la flexión ocurre lo contrario.

Algunos estudios, muestran evidencia de que las fibras postero-laterales soportan mayores tensiones cuando la rodilla se encuentra en flexión, a su vez que las fibras antero-mediales mantienen su isometría. Sin embargo, se detalla que al llegar a 90° de flexión, esta relación de tensiones se vuelve inversa.

Posteriormente se demostró que las fibras antero-mediales se encargan del 96% de la contención del LCA durante un deslizamiento anterior de la tibia sobre el fémur. Debido a esto es bastante probable que la rotura parcial de este fascículo equivalga a la rotura completa del ligamento.

Además de lo descrito, se establece que la acción de flexión de rodilla horizontaliza al ligamento cruzado anterior. A partir de ello, y aunque es el LCP quien se tensa en mayor medida, se observa que las fibras del haz antero-medial son las únicas, perteneciente al LCA, que se encuentran tensas.

Mientras tanto, en extensión e hiperextensión, con respecto a la posición de partida, todas las fibras del ligamento cruzado anterior presentan cierto grado de tensión, sin embargo, son las fibras del haz postero-lateral las que poseen una mayor magnitud de ésta. Con esto, se concluye que el LCA se tensa en extensión y además es uno de los frenos de la hiperextensión³.

Por todo lo descrito, se reafirma que los ligamentos cruzados, permanecen siempre tensos en algunas de sus fibras, esto a causa de la desigual longitud que éstas presentan.

3.1.8 MECANISMO DE LESIÓN

La lesión del LCA puede producirse a partir de traumatismos por contacto, así como también por fuerzas de tracción a nivel de la articulación de la rodilla, generadas por un sobre esfuerzo propio de la persona. Sin embargo, existen algunos mecanismos primarios que generan una mayor incidencia en este tipo de lesiones¹².

En la mayoría, el mecanismo desencadenante de las lesiones sin contacto del ligamento cruzado anterior es una desaceleración y una rotación durante la práctica de actividades como la carrera, la parada en seco o el salto.

Por su parte, las lesiones por contacto se producen, más frecuentemente, por una fuerza en valgo sobre la rodilla debida a un golpe directo, o por hiperextensión.

En el primer caso, la lesión es producto de una tensión en valgo con rotación externa, producida con frecuencia en deportes de contacto o actividades pesadas. Esta tensión es aplicada a la cara interna de la rodilla y consecuente a ello, puede generarse la ruptura del LCM, menisco medial y la cápsula posterointerna. No obstante, al producirse una fuerza aún mayor, se ocasiona la ruptura del ligamento cruzado anterior. Éste es el mecanismo más frecuente en la lesión de rodilla.

Por su parte, el mecanismo de hiperextensión, es el segundo más frecuente en este tipo de lesiones. Éste, provoca el desgarramiento del ligamento cruzado anterior, y en un 30% de los pacientes viene asociado con desgarramiento meniscal. En caso de producirse una fuerza en hiperextensión aún mayor, puede haber compromiso de LCP así como también de la cápsula posterior¹³.

3.2 CIRUGÍA DE RODILLA

Una lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla, limita a la persona que la padece, en la realización de muchas de sus actividades diarias por la disfunción estructural a la que ésta conlleva. Es por ello, que el abordaje quirúrgico, es decir, la cirugía reconstructora de LCA tiene como objetivos primarios la recuperación de dos características particulares, la laxitud y estabilidad de la mencionada articulación¹⁴.

Es en éste sentido, que una vez acontecida la lesión ligamentaria, se realizan evaluaciones funcionales, en busca de las repercusiones que

acontecen en las distintas actividades de la vida cotidiana, laborales, y deportivas de la persona. En la medida que los distintos diagnósticos ratifican la necesidad del abordaje quirúrgico, son llevadas a cabo una serie de evaluaciones preoperatorias, las cuales se centran en aspectos específicos, los mismos que esclarecen el panorama sobre el mejor uso de un mejor material quirúrgico en particular.

Es así, que dentro de la evaluación preoperatoria, están incluidos algunos puntos como el estado de la articulación patelofemoral, la alteración del eje articular y el estado de los estabilizadores secundarios. Todas estas consideraciones son tomadas, con la finalidad de minimizar las complicaciones existentes en el estadio postquirúrgico, sin que esto signifique que se deje de evidenciar algunos factores de común manifestación como el dolor, las contracturas musculares, entre otros.

3.2.1 PROCESO DE REPARACIÓN LIGAMENTARIA

La reparación tisular constituye un complejo proceso biológico que comprende la integración de diversas fases, que concluyen en la remodelación del tejido neoformado¹⁵. Esta reparación, se lleva a cabo no solo en un estadio preoperatorio, sino también en un estadio postoperatorio.

Según ello, se sabe que el proceso lesivo del LCA acontecido tras un traumatismo o agresión tisular como puede ser una intervención

quirúrgica, pone en marcha los mecanismos necesarios para su curación. Esta curación se puede efectuar mediante un proceso de reparación o de regeneración. En la reparación tisular la curación de la herida da lugar a un tejido que no restaura totalmente la arquitectura o función del tejido afectado, mientras que en la regeneración si se produce una restauración completa de la parte perdida o lesionada.

Los avances científicos de las últimas décadas han permitido constatar que los factores de crecimiento regulan los procesos clave de la reparación tisular.

La cicatrización es un complejo fenómeno biológico que comprende varias fases perfectamente ensambladas y ordenadas en el tiempo, y que finalizan mediante la activación de una cascada de señales moleculares. Estas fases se dividen en inflamatoria, proliferativa, de diferenciación y de remodelación¹⁶.

3.2.1.1 FASE INFLAMATORIA

Esta fase se caracteriza por la producción de una compleja reacción de defensa del organismo ante un tipo de agresión. Tiene como objetivo eliminar los agentes nocivos, limpiar el tejido y establecer las condiciones óptimas para el desarrollo de posteriores procesos proliferativos. Se inicia en el momento de la agresión tisular y su duración alcanza, en condiciones fisiológicas, los primeros días del proceso.

La mayoría de lesiones causan una hemorragia procedente de los vasos sanguíneos adyacentes al daño. Es por ello, que uno de los primeros objetivos del proceso reparativo estará enfocado en detener la hemorragia. Al producirse una agresión tisular, las células dañadas liberan sustancias vasoconstrictoras, evitando así una mayor pérdida de sangre, hasta que la aglomeración de plaquetas consiga una primera obliteración vascular.

3.2.1.2 FASE PROLIFERATIVA

Esta fase comienza aproximadamente al cuarto día de lesión, y a menudo dura varias semanas. Se caracteriza por un predominio en la proliferación celular, con la consecuente sustitución de la zona de lesión por tejido neoformado. Es aquí donde los factores de crecimiento, cumplen un papel muy importante, estimulando la migración de fibroblastos, células epiteliales y células del endotelio vascular ilesas de los márgenes de lesión. No obstante, es a partir del tercer día en donde se incrementa el número de fibroblastos, diferenciándose y depositando colágeno y proteoglucanos.

También se destaca la formación de nuevos vasos, con la finalidad de asegurar un funcionamiento normal de los fibroblastos y leucocitos recientemente formados, a partir de una buena irrigación. Por su parte, los factores de crecimiento, generan una cascada de reacciones a nivel de estos vasos, degradando aquellas células endoteliales restantes de la

zona de daño tisular, así como también ayudando a la proliferación y maduración de las células de tejido neoformado.

Esta serie de formaciones vasculares aumenta la irrigación local, gracias a la mejor permeabilidad de estos vasos. Sin embargo, estos nuevos capilares presentan una menor capacidad de resistencia ante las sobrecargas mecánicas, característica que irá variando hasta la formación del tejido cicatrizal.

A pesar del mencionado aumento de vasos capilares, éstos no sirven de medio de transporte para los fibroblastos, sino que ellos son atraídos por quimiotaxis desde tejidos próximos. Finalmente, alrededor de una semana después de producirse el daño tisular, la acumulación sanguínea en forma de coágulo localizada en el tejido lesionado es completamente invadida y reemplazada por fibroblastos y otros factores de crecimiento, sintetizándose así una nueva matriz rica en colágeno. Cabe resaltar, que el alcance de la nueva formación tisular se relaciona directamente con la envergadura de la coagulación sanguínea y la dimensión del incidente inflamatorio.

3.2.1.3 FASE DE REMODELACIÓN Y DIFERENCIACIÓN

En esta fase comienza la maduración de las fibras de colágeno, la extensión del daño tisular se reduce, disminuye la presencia vascular y a su vez el contenido de agua del nuevo tejido formado, ganando en consistencia, y transformándose finalmente en un tejido reparado. Para

que se den cambios de sustitución en el tejido neoformado a tejido cicatrizal son necesarios cambios en la matriz extracelular.

El metabolismo del colágeno dentro de la zona lesionada mantiene un equilibrio entre síntesis y degradación. El resultado final de estos dos procesos es la remodelación.

La retracción de las fibras colágenas sólo desempeña un papel secundario en la reducción del espacio lesionado en algunos tejidos. Los fibroblastos tienen una intervención mucho más decisiva en la contracción, ya que en ciertas zonas una vez concluidas sus actividades de secreción, parte de ellos se transforman en fibrocitos, y otros en miofibroblastos, que al igual que las células musculares lisas contienen actomiosina, proteína muscular con capacidad para generar fuerzas contráctiles que hace posible la contracción. Esta contracción reduce la superficie de la herida, y hace que la zona de reparación incompleta se mantenga lo más reducida posible.

3.2.2 IMPLANTES QUIRÚRGICOS

Es de destacar los debates existentes en relación a la elección del implante ideal para sustituir al LCA lesionado. Desde el año 1917, en que se realizó la primera ligamentoplastia, hasta la actualidad, se han utilizado todo tipo de materiales para la sustitución intraarticular del ligamento cruzado anterior, pasando por los distintos tipos de injertos

biológicos, como autoinjertos, aloinjertos y xenoinjertos, hasta la utilización de materiales sintéticos.

El presente estudio, determina las características de los abordajes quirúrgicos con los implantes biológicos de autoinjerto y aloinjerto, descritos en adelante.

3.2.2.1 IMPLANTE BIOLÓGICO DE AUTOINJERTO

Los autoinjertos o injertos autólogos, son el tipo de implante proveniente de un tejido propio de la persona afectada por la lesión o patología. Es así, que se han utilizado diversos tipos de tejidos en la mencionada técnica, como el tendón patelar, o más conocido como H-T-H, el tendón de semitendinoso con o sin recto interno, la fascia lata y también los meniscos. Son, sin embargo, los primeros dos mencionados, con los que se han obtenido mejores resultados, y por ende los más usados dentro de la aplicación quirúrgica de autoinjertos¹⁴.

3.2.2.1.1 AUTOINJERTO DE TENDÓN PATELAR

Este tipo de injerto autólogo es considerado, la regla de oro en la reconstrucción intraarticular de LCA; dicha denominación, tiene su fundamento en que proporciona una mayor ventaja en relación a los otros tipos de autoinjerto al permitir una fijación segura y además brindar una resistencia inicial adecuada. Así mismo, se ha demostrado la utilidad clínica de éste injerto; no obstante, presenta ciertos inconvenientes como la aparición de dolor patelofemoral, la contractura en flexión y la

debilidad del grupo muscular cuádriceps. Otras complicaciones, que aunque poco frecuentes, también se presentan en la utilización de este implante, son las fracturas de rótula, la tendinitis patelar, la ruptura del tendón rotuliano y/o ruptura del tendón cuadricipital.

3.2.2.1.2 AUTOINJERTO DE TENDÓN DE SEMITENDINOSO

Este tipo de injerto surge como alternativa ante lo que supone la disfunción del aparato extensor de rodilla con la cirugía de tendón patelar, y al consecuente impedimento para la recuperación funcional tras la reconstrucción quirúrgica. Algunos estudios sugieren que no existen diferencias significativas entre la utilización del tipo de injerto antes mencionado y la del tipo de tendón de semitendinoso y recto interno en cuatro fascículos. Uno de éstos, señala que en los casos en los que se utilizaba el primer tipo de implante, la estabilidad objetiva era mejor aunque había más problemas patelares y de pérdida de extensión. Por el contrario, utilizando semitendinoso y recto interno la estabilidad objetiva era menor, pero había menos problemas patelares y de movilidad.

3.2.2.2 IMPLANTE BIOLÓGICO DE ALOINJERTO

Los aloinjertos son implantes del mismo tipo de tejido pero perteneciente a una persona ajena a la patología. Para que éste injerto pueda ser utilizado quirúrgicamente, requiere técnicas de conservación como la congelación, la desecación o la ultra congelación. Aunque, como se ha

mencionado, la elección del tipo de injerto a utilizar está antecedita por una evaluación de las características anatómo-estructurales que la persona presenta. Fue a comienzos de los años ochenta que los aloinjertos tendinosos empezaron a tener una mayor relevancia, en la medida en que su uso, fue recomendado en aquellos pacientes más propensos a complicaciones postoperatorias con las técnicas de autoinjerto, como en la condropatía patelofemoral preexistente, la desalineación femoropatelar, el tendón rotuliano estrecho y delgado, patela baja, y en los que habían fallado procedimientos intraarticulares previos con material autólogo.

Teniendo en cuenta que las principales funciones del ligamento cruzado anterior están en virtud de sus características mecánicas y su estructura anatómica, es concluyente que cualquier intervención de sustitución intraarticular de LCA estará enfocada en una doble vertiente, la biológica y la biomecánica.

En lo relacionado al proceso biológico de regeneración tisular, se sabe que, tanto los autoinjertos como los aloinjertos sufren un proceso de necrosis tras la cirugía, seguido de una remodelación del mismo, lo que conlleva a una pérdida inicial de su resistencia a la tracción. Sin embargo, algunos autores han demostrado que el proceso de incorporación de los aloinjertos es más lento que el de los autoinjertos.

Por su parte, el enfoque biomecánico, pone de manifiesto un aumento progresivo de la mencionada resistencia, tanto de los autoinjertos como de los aloinjertos, a medida que aumenta el tiempo de evolución tras la

cirugía. Por su parte, se ha observado un paralelismo entre el proceso de regeneración y remodelación con el incremento en la resistencia de los injertos¹⁷.

3.3 GRUPO MUSCULAR CUÁDRICEPS

Es conocida la diversa demanda funcional que tienen los distintos grupos musculares del cuerpo. Desde la realización de tareas que demandan una gran precisión, requiriendo menor fuerza, hasta contracciones máximas para vencer grandes resistencias. Es así, que en el presente estudio, es de sumo interés conocer la importancia del normal desempeño de la actividad del grupo muscular cuádriceps.

Por ello, resulta relevante describir su estructura interna y a partir de ella entender el mecanismo de contracción que le permite desarrollar su fuerza en mayor proporción.

3.3.1 HISTOLOGÍA

Conformando este grupo muscular, se encuentran diversos tipos de fibras musculares, siendo las de tipo II, las que predominan. Es importante mencionar esto debido a que, según las investigaciones actualmente realizadas, ningún grupo muscular presenta un solo tipo de fibras, sino por el contrario, poseen una estructura de tipo mosaico, en donde existen una

diversidad de estas, con una mayor cantidad de algunas en relación a otras.

Del mismo modo, cabe resaltar la importancia de dos indicadores que determinan el tipo de fibra muscular, debido a las características que le confieren al momento de generar su tensión interna. Estos dos indicadores, son el tipo de miosina y la velocidad de acortamiento de la fibra, encontrándose ambos en una íntima relación. Consecuentemente, y como medio para la adecuada descripción de la estructura y función del grupo muscular cuádriceps, se establece que la molécula de la miosina se compone de seis proteínas más pequeñas; dos de ellas reciben el nombre de cadenas pesadas y las otras cuatro de cadenas ligeras. Es precisamente el tipo de cadena pesada de la miosina (MHC del inglés Myosin Heavy Chain) el que determina en mayor medida la velocidad de acortamiento de las fibras.

Como se había mencionado antes, el tipo de fibra que se presenta mayoritariamente en el grupo muscular cuádriceps, es el tipo II, sin embargo se debe especificar que se trata del subtipo IIX, anteriormente llamado IIB, y que le confiere una serie de características estructurales y fisiológicas que se mencionan a continuación¹⁸.

3.3.1.1 APARATO CONTRÁCTIL

Este grupo presenta una isoforma de cadena pesada de miosina de tipo MHC-2X. Debido a ello, posee una velocidad ATP-asa intermedia, en

comparación con otros grupos musculares, poseedores de las otras dos isoformas de MHC, como son la MHC-2A y la MHC-2D. Esto quiere decir que, sus fibras de tipo IIX se hidrolizan más rápido que las fibras de tipo I y IIA, aunque en menor proporción que las fibras IIB. Por tanto, su velocidad de contracción también será intermedia. Estos fenómenos determinan a su vez, que la velocidad máxima de acortamiento de estas fibras sea la mayor dentro de los tipos de fibras musculares del cuerpo humano, y es por esta razón por lo que se les ha denominado fibras rápidas.

Además de ello, otros componentes de su aparato contráctil, como son las proteínas reguladoras tropomiosina y los tres componentes de la troponina, también presentan isoformas más rápidas; con lo que existe una coordinación entre la expresión de la MHC y las demás proteínas miofibrilares.

Otra característica de sus fibras, es el estrecho grosor de la línea Z, lo que determina un menor solapamiento o interacción entre los filamentos finos de sarcómeros adyacentes, al momento de producirse la contracción.

3.3.1.2 SISTEMA EXITACIÓN-CONTRACCIÓN

Este tipo de fibras presentan un mayor desarrollo de los componentes celulares que intervienen en el acoplamiento excitación-contracción. Los potenciales de acción son transmitidos con mayor frecuencia en sus

unidades motoras, con lo que sus túbulos T, encargados de recibir y transmitir este potencial, se encuentran más desarrollados, sobretodo en la superficie de membrana, encontrándose por ello, una mayor cantidad de la principal proteína de los túbulos T, el receptor de dihidropiridinas (DHPR), el cual actúa como sensor de potencial de fibras.

Así mismo, estas fibras presentan un retículo sarcoplásmico abundante, por lo que poseen una mayor capacidad de almacenamiento de Ca^{2+} . Esto sumado a que contienen dos proteínas relacionadas con la homeostasis de este ion como son la calsecuestrina y la parvalbúmina, determina un mejor ingreso de Ca^{2+} a la organela, y con ello, que éste se encuentre en mayor proporción en estas fibras. Sin embargo, a su vez, existe abundante cantidad de la enzima Ca^{2+} -ATPasa en la membrana, siendo su función, el volver a introducir el ion Ca^{2+} en el retículo, para facilitar, de esta manera, la relajación de la maquinaria contráctil.

3.3.1.3 METABOLISMO ENERGÉTICO

Las fibras de tipo IIX son dependientes de la glucólisis como fuente de energía, por lo que este grupo muscular no presenta muchas anastomosis ni capilares, y además posee bajas concentraciones de mioglobina por el poco requerimiento que tiene de O_2 . Esta característica, determina una pobre activación del ciclo de los ácidos tricarboxílicos por parte de sus mitocondrias, con la consecuente disminución de la densidad de éstas, siendo además de ello, más pequeñas.

La velocidad de propagación del impulso nervioso, en el axón que inerva a estas fibras está entre 80 a 98 m/s, esto gracias a que los axones que poseen son de gran calibre con un alto nivel de excitación.

En función de todas estas características, se concluye que las fibras IIX, del grupo muscular cuádriceps, son aquellas en donde se obtiene una respuesta más rápida y con mayor tensión cuando se activan, aunque debido a su metabolismo son más rápidamente fatigables. De este modo, este grupo está adaptado para las actividades físicas breves e intensas, como el levantamiento de peso o aquellas que implican numerosos cambios de ritmo.

3.3.2 ANATOMÍA

El grupo muscular cuádriceps está constituido como su nombre lo indica, por cuatro cuerpos musculares, como son el recto anterior femoral, el vasto lateral, el vasto medial y el vasto intermedio. A pesar que sus inserciones superiores son diferentes para cada uno de los cuerpos musculares, su inserción inferior termina confluyentemente en la rótula, y se ve prolongada hacia la tibia por el llamado tendón rotuliano.

La trayectoria del vasto lateral, vasto medial y vasto intermedio pasa por una sola articulación por lo que se les otorga la denominación de músculos monoarticulares. Por su parte, el recto anterior femoral es el único músculo biarticular de este grupo, y es así que el estudio de su funcionamiento es mucho más específico.

Las inserciones desde una perspectiva superior, como ya se ha mencionado, son distintas para los cuatro cuerpos musculares. El vasto lateral, se inserta en el borde anterior del trocánter mayor y en el labio externo de la línea áspera, mientras tanto, el vasto medial lo hace en el labio interno de la mencionada línea áspera y también en la línea rugosa que une la línea áspera con el fémur. A su vez, el vasto intermedio también tiene su inserción en la línea áspera y en las caras anterior y externa del fémur.

Por su parte, el recto anterior femoral, se inserta en la espina ilíaca antero inferior, mediante un tendón directo, y en la ceja cotiloidea, mediante un tendón reflejo.

Cabe destacar algunas características de los cuerpos musculares allí presentes, es así que se sabe que el vasto lateral es un músculo aplastado, ancho y plano, con fibras oblicuas hacia abajo y medialmente dispuestas. El vasto medial, por su parte, es menos ancho que el precedente, pero grueso y aplanado. Sus fibras son oblicuas hacia abajo y ligeramente lateralizadas.

El cuerpo muscular del recto anterior, es vertical y desciende delante de un canal formado por los músculos antes mencionados.

Desde estos puntos descritos, los cuerpos musculares del cuádriceps se insertan, por un tendón común, en la base y bordes laterales de la rótula y también en la tuberosidad de la tibia⁹.

3.3.3 ARQUITECTURA MUSCULAR

El desarrollo de fuerza y velocidad de cada cuerpo muscular del cuádriceps, está íntimamente relacionado con la arquitectura muscular que cada uno de éstos presentan. Es por ello que a continuación se describen las principales características de dicha arquitectura, en cada músculo conformante del mencionado grupo muscular¹⁹.

3.3.3.1 VASTO LATERAL

Es el que presenta mayor volumen entre los cuerpos musculares del cuádriceps, con un valor que oscila entre 2.1 y 3.7 cm, además con gran área de sección transversal, equivalente a 64.4 cm² (Friederich y Brand, 1990). Por otro lado se considera que el porcentaje de esta AST es solamente un 21.3% del total del cuádriceps. También suele presentar grandes longitudes de fascículos, con valores entre 6 y 10 cm. Estas características determinan su capacidad para producir altos niveles de fuerza, y además velozmente.

3.3.3.2 VASTO MEDIAL

El cuerpo muscular de éste, posee fibras con grandes AST siendo el valor aproximado 66.9 cm², con lo cual estaría conformando alrededor del 23.2% del total del cuádriceps. Además presenta una gran longitud de sus fascículos, con valores cercanos a 7.6 cm.

Su aportación en la producción de fuerza es grande, y sus largos fascículos le permiten aplicarla de manera rápida.

3.3.3.3 VASTO INTERMEDIO

Tiene una estructura similar al vasto lateral y medial; con un área de sección transversal de 82 cm². Por otra parte, se considera que el porcentaje de este vientre muscular es del 30.1% con respecto al AST del cuádriceps. Así también muestra grandes longitudes de fascículos, con un valor aproximado de 7.4 cm. Según estas características, su contribución llega a ser muy similar a la del vasto medial.

3.3.3.4 RECTO ANTERIOR

Éste, presenta valores medios de área de sección transversal, cercanos a 43 cm². A su vez conforma el 24.2% del AST total del cuádriceps. Posee también valores medios de longitud fascicular, estando éstos alrededor de 5.5 cm, por lo que no se caracteriza por producir altos niveles de fuerza ni altas velocidades.

3.3.4 BIOMECÁNICA

Es conocida la gran potencia del grupo muscular cuádriceps, el cual ejerce una potencia de trabajo de aproximadamente 42 kilos. La mayor fuerza ejercida para vencer la gravedad, explica que éste sea tres veces más

potente que el grupo flexor de rodilla. Sin embargo, se ha constatado que cuando la rodilla se encuentra en posición de extensión o hiperextensión, la acción del grupo cuádriceps no es necesaria para mantener la bipedestación; a su vez, tan pronto se inicia una mínima flexión, se hace necesaria una intervención enérgica de éste para evitar la caída por flexión de la rodilla.

Los tres músculos monoarticulares son únicamente extensores de rodilla, aunque poseen un componente lateral, referente al vasto medial y lateral. Así mismo, es necesario resaltar, que el primero, es más potente que el segundo en mención. Según se conoce, el vasto medial desciende más abajo, y su relativo predominio está destinado a oponerse ante la tendencia rotuliana a luxarse hacia fuera. A pesar de ello, la contracción de ambos vastos, generalmente equilibrada, genera una fuerza resultante dirigida hacia arriba, en el eje del muslo.

Dentro de este análisis, toma gran importancia el movimiento realizado por la rótula, cuya función es primordial dentro del aparato extensor de rodilla, ya que aumenta la eficacia del cuádriceps desplazando hacia adelante su fuerza de tracción.

Esta direccionalidad de fuerzas, está dada, por el hecho de que el vector ejercido por el cuádriceps está subdividido en dos vectores. El primero, dirigido hacia el eje de flexoextensión, el cual encaja la rótula en la tróclea; y el segundo, dirigido en la prolongación del ligamento rotuliano, el mismo que aplicado sobre la tuberosidad anterior de la tibia, se descompone en dos vectores perpendiculares entre ellos, uno dirigido hacia el eje de

flexoextensión, que encaja la tibia sobre el fémur, y otro, que ejerce una fuerza tangencial, siendo el único componente eficaz para realizar la extensión; debido a que hace que la tibia se deslice hacia adelante sobre el fémur.

Por su parte, el recto anterior, único músculo biarticular del cuádriceps no representa más que la quinta parte de la fuerza total del éste y no puede realizar por sí mismo la extensión máxima.

Gracias a su trayecto, el recto anterior es tanto flexor de cadera como extensor de rodilla, sin embargo su eficacia como extensor de rodilla depende de la posición de la cadera, al igual que su acción como flexor de cadera está supeditada a la posición de la rodilla.

Esto se debe a que la distancia entre la espina ilíaca anterosuperior y el borde superior de la tróclea es menor en flexión que en extensión. Ésta diferencia de longitud determina un alargamiento relativo del músculo cuando la cadera está en flexión y la rodilla se flexiona por el simple peso de la pierna; en estas condiciones, para obtener la extensión de rodilla, los otros tres haces de este grupo muscular son mucho más eficaces que el recto anterior, ya distendido por la flexión de cadera.

Si, por el contrario, la cadera pasa de una posición de alineación normal a la extensión, la distancia entre las dos inserciones del recto anterior aumenta una longitud determinada que tensa el recto anterior, fenómeno conocido como acortamiento relativo, y aumenta otro tanto su eficacia. Esto mismo es lo que sucede durante la marcha o la carrera, al distender el miembro posterior, en donde por la acción de los glúteos la cadera se

extiende en tanto que la rodilla y tobillo también se extiendan; el cuádriceps desarrolla entonces su máxima potencia, gracias a la eficacia aumentada del recto anterior²⁰.

3.4 FUERZA MUSCULAR

3.4.1 HISTOFISIOLOGÍA

Dentro del mecanismo de contracción muscular, se debe mencionar la importancia de la interrelación, en todos los niveles de división, entre las estructuras de éste tipo de tejido. De este modo, es muy relevante el conocimiento de la unidad estructural del músculo, la sarcómera; y la relación de los componentes de ésta, para así explicar su mecanismo de contracción.

La sarcómera formada por la banda A y la banda I, se delimita gracias a la presencia de la línea Z, en cada extremo. A su vez, en el centro de cada sarcómera, se encuentra la banda H, la cual presenta una región media, llamada línea M.

La línea Z se encuentra relacionada a la línea M, por medio de una proteína estructural de alto peso molecular y a su vez de características elásticas, llamada titina, siendo ésta el nexo entre el extremo de la sarcómera con el centro de la misma²¹.

3.4.2 ARQUITECTURA MUSCULAR

Las propiedades contráctiles básicas del músculo, están influidas por la manera en que las fibras musculares se organizan para formarlo. Considerando a los tendones como elementos relacionados directamente con la carga o resistencia por un lado y con las fibras musculares por el otro, la orientación de las fibras respecto a los tendones es un importante aspecto que hay que considerar a la hora de explicar la generación de fuerza por el músculo. Cabe recordar que los tendones en la mayoría de los músculos no son sólo parte externa y extrema de la masa de fibras, sino que por lo general penetran formando láminas de geometría variable en el seno de la masa muscular. De este modo, aunque todas las fibras musculares terminan en sus extremos en tejido tendinoso, muchas acaban en el seno de las láminas tendinosas de la masa muscular y no necesariamente en la parte externa de los tendones. En base a esta disposición, se estableció la existencia de tres principales aspectos en el diseño del músculo que influyen su función. Estos son la longitud, el grosor y la angulación.

En ese sentido, cuando un músculo tiene fibras musculares organizadas en serie, el cambio de longitud es igual a la suma de los cambios individuales que experimenta cada fibra muscular por las que está formado. Así mismo, la máxima velocidad en contracción muscular depende del número de fibras organizadas en serie. En un músculo con fibras musculares organizadas en serie, la tensión que puede llegar a

desarrollar es igual a la media de las tensiones generadas por las tres fibras.

Sin embargo, cuando las fibras están organizadas en paralelo la tensión es igual a la suma de las tensiones que puede desarrollar cada fibra. Esto se relaciona íntimamente con el supuesto que afirma que el grosor de una fibra muscular, representado por su área de sección transversal, es un índice de la máxima fuerza que éste puede desarrollar.

La tercera característica de la disposición geométrica de las fibras musculares es el ángulo de pennación. El cual está referido al ángulo que se forma entre las fibras y los fascículos musculares con la línea de tensión de carga. Cuando las fibras se disponen paralelas al eje longitudinal del músculo, conforman un músculo fusiforme, mientras que cuando se disponen según el ángulo de inserción de la aponeurosis, conforman un músculo peniforme.

Cabe resaltar que cuando el ángulo de pennación es igual a cero, la tensión neta realizada por la fibra muscular actúa en la misma dirección que el eje mecánico en el que ejerce la fuerza el músculo. Mientras que cuando el ángulo de pennación es diferente de cero, la tensión neta que puede desarrollar una fibra muscular en la dirección del eje mecánico, varía en función del coseno de dicho ángulo.

De esta forma se establece cómo la disposición pennada genera una mayor magnitud de tensión, y cómo el número de fibras que puede contener un músculo en un determinado volumen está íntimamente relacionado con el potencial de fuerza que se puede desarrollar.

En relación a lo anterior, se concluye que el grado de pennación influye directamente en el número de sarcómeras que están presentes por área de sección transversal en una fibra particular. Es así que mientras en un músculo fusiforme, el área de la sección transversal de éste coincide con el área anatómica, en un músculo peniforme el área fisiológica es mayor debido a que se pueden colocar mayor número de fibras musculares, y por ende, sarcómeras, en el volumen muscular²¹.

3.4.3 CONCEPTOS Y APLICACIONES

3.4.3.1 CONCEPTOS

3.4.3.1.1 RELACIÓN FUERZA – VELOCIDAD

Esta relación se basa en la capacidad que tienen las unidades de la fibra muscular, es decir las sarcómeras, de producir mayor o menor tensión en relación a la velocidad de interacción de sus proteínas estructurales.

Esta interacción de dichas proteínas, se expresa en la velocidad de acortamiento de la propia fibra muscular; con lo que se concluye que mientras mayor sea la velocidad de contracción muscular se tendrá una menor capacidad de reclutamiento de sarcómeras, en las cuales exista una adecuada interacción proteica. Es así, que ante una mayor o menor velocidad de acortamiento de la fibra muscular se obtendrá una variación en la capacidad de producir fuerza por parte de ésta.

Uno de los factores limitantes en la velocidad de acortamiento de la fibra muscular es la velocidad de trabajo de la ATPasa miofibrilar de la miosina de cadena pesada (MHC). La expresión genética de un tipo específico de MHC, ya sea tipo I, tipo IIA o tipo IIX, condiciona el tiempo que tarda un músculo en generar fuerza y, consecuentemente, la velocidad de acortamiento también. No obstante, la sensibilidad al calcio de las troponinas y el desplazamiento de las moléculas de tropomiosina también pueden afectar a la velocidad con la que la actina reacciona con la miosina. Dado que existen expresiones genéticas de troponinas y tropomiosinas diferentes según el tipo de fibra, incluso dentro de una de ellas, dichas moléculas también pueden influir en el tiempo empleado por el músculo en generar fuerza.

3.4.3.1.2 RELACIÓN LONGITUD - TENSIÓN

Esta relación se basa en la interacción de los filamentos gruesos y delgados en conjunto con las estructuras elásticas, como son la proteína titina y los tendones. Siendo éstas últimas además de ello, transmisores de fuerza; por lo que también es importante destacar la influencia de alguna carga adicional al momento de la ejecución de la acción.

Es así, que al mencionar esta interacción de estructuras se destaca la actual teoría de los puentes cruzados, la cual postula que cuantos más puntos de unión se establezcan entre las proteínas estructurales, existirá una mejor contracción de la fibra muscular.

De esta manera, la cantidad de puntos de unión existentes se ven reflejados en la longitud de la sarcómera, y por ende se concluye que ante una mayor o menor longitud de ésta se obtendrá una variación en la tensión muscular producida.

3.4.3.2 APLICACIONES

3.4.3.2.1 APLICACIÓN DE RELACIÓN FUERZA-VELOCIDAD

La velocidad a la que se acorta un músculo depende de la carga que tiene que movilizar. Ésta relación en el músculo depende de la organización de sus fibras musculares. Así como se comenta que uno de los factores limitantes en la velocidad de acortamiento de la fibra muscular es la velocidad de trabajo de ATPasa miofibrilar de la cadena pesada de miosina (MHC), según otros autores, la velocidad máxima de acortamiento para un músculo depende del tipo de fibras musculares y de la capacidad del rango de movimiento.

Basándose en trabajos experimentales, Hill en 1938, concluyó que el músculo podría ser entendido como un sistema compuesto por los siguientes elementos:

- ✓ Elemento contráctil, encargado de generar de fuerza y caracterizado por las relaciones de longitud-tensión y fuerza-velocidad.

- ✓ Elementos elásticos en serie y en paralelo que se corresponden con los efectos pasivos del tejido conectivo, incluido el citoesqueleto sobre la tensión generada por el elemento contráctil.

3.4.3.2.2 APLICACIÓN DE RELACIÓN LONGITUD-TENSIÓN

Esta relación basada en la variación de la longitud muscular como respuesta a la tensión producida en los elementos elásticos, presenta un aspecto funcional muy importante por parte de estos últimos, y es que las fibras musculares pueden almacenar gran cantidad de energía en los tendones sin necesidad de hacerlo a máxima velocidad. Esto debido a que posteriormente, la energía almacenada en el tendón se puede aplicar tan rápidamente como lo permitan las características de resorte del tendón.

Un ejemplo evidente de la mencionada relación, es el observado en los movimientos de estiramiento-contracción, en donde al producirse una elongación muscular se activan sarcómeras, las cuales en un intento por evitar la elongación, consiguen una gran tensión sobre los elementos elásticos en serie, como los tendones y principalmente sobre la proteína titina. Este proceso es seguido luego de un corto intervalo de tiempo, de un acortamiento muscular²².

3.4.4 TEORÍA DE LOS PUENTES CRUZADOS

Esta teoría explica el mecanismo generador de tensión en un músculo o grupo muscular, con respecto a las distintas velocidades a las que éste se pueda acortar. Dicha relación algo compleja, ha ido variando en los últimos años.

Anteriormente se postulaba que la fuerza generada por una fibra estaba relacionada con el número de puentes cruzados activos en un momento determinado, de tal forma que, a mayor grado de fuerza, se necesitaba un mayor número de puentes cruzados para sostenerla. Sin embargo, estudios actuales demuestran que cuando un músculo se acorta durante una actividad pierde temporalmente su capacidad de tensión; esto sugiere, que un acortamiento de la fibra muscular modifica y reduce los sitios de unión del calcio que se unen a las proteínas, y por ende, reduce también el grado de tensión del sistema contráctil. La magnitud de la reducción en la fuerza depende principalmente del grado de activación del sistema contráctil cuando ocurre este movimiento.

Así mismo, y como mecanismo análogo a lo antes mencionado, se establece que con grandes velocidades de deslizamiento entre los miofilamentos disminuye el número de puentes cruzados disponibles. Por otro lado, si se considera la fricción que suponen el número de puentes cruzados necesarios para mantener la tensión, obviamente la velocidad disminuirá cuanto mayor sea el número de puentes cruzados activos; inversamente, un aumento de la velocidad requerirá un menor número de

puentes cruzados para lograrse ejecutar, lo que también puede indicar que por debajo de un determinado grado de fuerza, el número de puentes cruzados deja de ser relevante para la velocidad²¹.

3.4.5 FUERZA MUSCULAR

La fuerza muscular es una característica perteneciente a las fibras musculares, y la cual es definida desde un enfoque mecánico como la capacidad que presenta la musculatura para deformar un cuerpo o modificar la aceleración del mismo, siendo parte de esto último el iniciar o detener el movimiento de un cuerpo, ya sea aumentando o reduciendo su velocidad o haciéndolo cambiar de acción. Sin embargo, la definición fisiológica de la misma, se refiere a la capacidad del músculo para producir una tensión interna.

Es importante destacar también el concepto de fuerza muscular aplicada, ya que determina la magnitud anteriormente descrita en tiempo y espacio. Del mismo modo la relación entre tensión muscular y el tiempo en que esta se realice da una idea de la importancia de su conocimiento, siendo ésta, la modificación estructural de la fibra muscular, ante la interacción de una fuerza interna y externa²³.

A su vez, el valor de las propiedades básicas motrices como la coordinación, la movilidad y la fuerza en la fisioterapia es incuestionable. La fuerza se define como la capacidad de una persona de desplazar una

masa, superar una resistencia o contrarrestar una resistencia mediante a musculatura²⁶. La ciencia del entrenamiento y la medicina laboral divide la fuerza en tres subcategorías: la fuerza máxima, la fuerza resistencia y la fuerza velocidad. Esta clasificación teórica no debe hacer presuponer que cada forma interior de la fuerza pueda entrenarse de manera aislada, sino todo lo contrario²⁵.

3.4.5.1 FUERZA MÁXIMA

Es la fuerza que se invierte en una contracción muscular estática máxima en contraposición a una resistencia insuperable. Esta definición se refiere a la fuerza máxima estática. A los fisioterapeutas este procedimiento debería serles familiar de la aplicación del examen funcional muscular de Daniels/Williams/Worthingham.

La fuerza máxima concéntrica se orienta por la fuerza máxima dinámica utilizada en un trabajo muscular superable. En ese sentido, resulta esencial que se encuentre el camino para determinar objetivamente la fuerza máxima individual del paciente.

Es evidente la importancia de fijar la fuerza máxima también en la fisioterapia y en la rehabilitación. El problema en la práctica se encuentra en que no siempre puede determinarse la fuerza máxima individual de un paciente. Esto debido a que según la definición antes mencionada, el 100% del valor de la fuerza máxima se consigue en una contracción

máxima estática. La aplicación práctica es muchas veces imposible o bastante difícil, ya que la especial situación del paciente no permite una prueba real de su fuerza máxima. En ese sentido, es incuestionable que los rendimientos de fuerza en la resistencia están estrechamente correlacionados con el grado de desarrollo de la fuerza máxima²⁵.

3.4.5.1.1 Fuerza dinámica máxima

Es la denominación que se da cuando la resistencia que se utiliza para medir la fuerza se supera pero sólo se puede hacer una vez. Se suele considerar como el valor de una repetición máxima (1RM).

Ésta es la mayor expresión de fuerza que el sistema neuromuscular puede aplicar ante una resistencia dada. Dicha manifestación de fuerza puede ser estática, cuando la resistencia a vencer es insuperable; o dinámica, si existe desplazamiento de dicha resistencia. En la presente investigación se busca determinar este último tipo de fuerza²⁴.

3.4.5.1.2 Fuerza dinámica submáxima

Es aquella relacionada a la capacidad de superar resistencias inferiores a la máxima resistencia posible de vencer. Es decir, se habla de este tipo de fuerza, cuando la expresión de fuerza manifestada no alcanza el máximo de su expresión²¹.

A su vez, también posee una modalidad estática y otra dinámica. Viene expresada normalmente en términos de porcentaje sobre la fuerza

máxima. Dentro de la fuerza submáxima existe una relación muy importante entre las magnitudes de intensidad y duración del esfuerzo²⁴.

3.4.5.2 FUERZA RESISTENCIA

Se ocupa de capacitar la resistencia contra la laxitud en rendimientos de fuerza prolongados o repetidos a menudo, y que suponen más del 30% de la fuerza máxima individual. Existe un componente estático y uno dinámico de la fuerza resistencia. Generalmente los músculos de las extremidades se tratan según la fuerza resistencia dinámica.

La fuerza resistencia aeróbica dinámica es requerida cuando los estímulos de carga suponen menos de un tercio de la fuerza máxima. En ciencia del entrenamiento y medicina terapéutica se habla de rendimientos de fuerza resistencia, cuando durante un largo espacio de tiempo un trabajo estático o dinámico necesita de por lo menos un 30% de la fuerza máxima.

Para la fisioterapia y el entrenamiento rehabilitador de una musculatura atrofiada por disfunción, dolores o inmovilización no podemos ignorar el ámbito de carga negado por la definición por debajo del 30% del umbral de fuerza máxima. Los déficits de la fuerza resistencia aeróbica dinámica solo pueden recibir una terapia adecuada cuando el esfuerzo aeróbico puede ser introducido en la terapia con un 30% de la fuerza máxima, por lo menos al principio del entrenamiento de rehabilitación muscular.

La resistencia de la fuerza anaeróbica dinámica es requerida a partir de una intensidad de esfuerzo que supone el 30% de la fuerza máxima²⁵.

3.4.5.3 FUERZA RÁPIDA

Capacidad de superar resistencias con la velocidad de contracción más rápida posible o dicho de otra forma la capacidad de producir un impulso de fuerza lo más grande posible en el tiempo que se tiene a disposición.

Dos categorías inferiores diferenciadas de la velocidad de fuerza, la velocidad de reacción y la fuerza explosiva, describen las capacidades de lograr un desarrollo lo más rápido posible al comienzo de la contracción y continuar esta inversión de fuerza de forma ascendente.

En el tratamiento fisioterapéutico y en la rehabilitación muscular, el desarrollo de la fuerza máxima se logra al final de la fase de rehabilitación²⁵.

4. HIPÓTESIS

- ✓ Existe disminución de fuerza muscular de cuádriceps en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior.

MÉTODOS

1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de enfoque cuantitativo. Su diseño es no experimental, pues se realiza sin manipular deliberadamente variables. De tipo transversal, pues se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único.

2. POBLACIÓN

La población en estudio abarca a personas con diagnóstico médico de post-operado de ligamento cruzado anterior, diagnosticados en el Servicio de Medicina Física y Rehabilitación del Centro Médico Naval Cirujano Mayor Santiago Távara y con indicación médica de tratamiento fisioterapéutico, en el período mayo – julio 2014.

3. MUESTRA

20 personas con diagnóstico médico de post-operado de ligamento cruzado anterior, diagnosticados en el Servicio de Medicina Física y Rehabilitación del Centro Médico Naval Cirujano Mayor Santiago Távara.

4. CRITERIOS DE SELECCIÓN

4.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

Todos los pacientes que presenten las siguientes características:

- ✓ Personas de 20 a 50 años de edad.
- ✓ Personas de ambos sexos.
- ✓ Pacientes operados de rodilla por primera vez.
- ✓ Personas que inician tratamiento de terapia física y rehabilitación.

4.2 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

Todos los pacientes que presenten las siguientes características:

- ✓ Personas con antecedentes de lesiones traumatológicas de miembro inferior.
- ✓ Personas con complicaciones post-quirúrgicas.
- ✓ Personas con afecciones de columna.
- ✓ Personas con lesiones articulares de la rodilla contralateral.
- ✓ Personas con dolor de Escala Análogo Visual de 5 a 10.

5. VARIABLES

- ✓ Variable independiente; Post operados de ligamento cruzado anterior
- ✓ Variable dependiente; Fuerza muscular del cuádriceps

6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Para una mejor descripción, se ha considerado un cuadro de definición operacional de variables.

| VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DIMENSIÓN | DEFINICIÓN OPERACIONAL | INDICADOR | VALOR FINAL | INSTRUMENTO |
|---|---|---|--|---|----------------|--------------------------|
| Post-operados de ligamento cruzado anterior | Personas intervenidas quirúrgicamente mediante manipulación mecánica del ligamento cruzado anterior con fin terapéutico. | Implante quirúrgico de autoinjerto. | Revisión de la historia clínica del paciente. | Historia clínica | Ítem | Ficha de recolección |
| | | Implante quirúrgico de aloinjerto. | Revisión de la historia clínica del paciente. | Historia clínica | Ítem | Ficha de recolección |
| Fuerza muscular del cuádriceps | Capacidad del músculo para deformar un cuerpo o modificar la aceleración del mismo. | Fuerza dinámica | Estimación de fuerza máxima a partir del número de repeticiones sin compensaciones, fatiga o dolor. | Estima la fuerza muscular en base al peso levantado y al número de repeticiones realizadas | (9-10) | Test de fuerza máxima |
| | | | | | (6-8) | |
| | | | | | (3-5) | |
| | | | | | (1-2) | |

7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

La técnica que se utilizará para obtener la información de los participantes en el estudio será la observación. La misma que será estructurada, ya que se tiene establecido de antemano la finalidad de ésta; pues se realizará de manera directa con el grupo de estudio, e individual. Una vez obtenidos los datos, estos serán establecidos en base a una escala de medición.

El instrumento será el test de fuerza máxima o también llamado test de 1RM, el cual está validado internacionalmente. Este posee una mayor validez que los test isométricos e isocinéticos. Su fiabilidad es alta, con un índice de confiabilidad (CCI) entre 0.92 a 0.98. El error estándar de medida (EEM) en máquinas, oscila entre 2 % y 9.8%²⁵.

La estimación del valor 1RM será por medio de la Ecuación de Brzycki, la misma que según el artículo de la Revista Brasileña de Medicina del Deporte, presenta una nula diferencia estadística significativa con el test de 1RM ($P > 0.05$). Así también, el valor del coeficiente de correlación encontrado fue extremadamente elevado ($r = 0.99$)²⁶.

La escala utilizada como referencia para los valores obtenidos en varones está basada en datos recopilados por Vivian Heyward, en 250 hombres y mujeres universitarios²⁷.

Este instrumento será aplicado de manera específica, como se encuentra en el artículo “Predicting Maximal Strength of Quadriceps From Submaximal Performance in Individuals With Knee Joint Osteoarthritis”²⁸. para la valoración de fuerza muscular de cuádriceps, por medio de la Ficha de valoración de fuerza muscular. (Ver Anexo N° 1).

8. PLAN DE RECOLECCIÓN

Para la ejecución del estudio se realizarán los trámites administrativos correspondientes, con la finalidad de obtener el permiso para la realización del estudio en el Centro Médico Naval “Cirujano Mayor Santiago Távara”. Luego se realizarán las coordinaciones con el Servicio de Medicina Física y Rehabilitación, de la mencionada institución, a fin de elaborar el cronograma de recolección de datos. Según ello, se considerará que la aplicación individual del estudio, tendrá una duración de aproximadamente 15 minutos, siendo ejecutado entre los meses de mayo y julio del año 2014.

Posterior a ello se procederá a la evaluación de pacientes que lleguen al programa de Traumatología del mencionado Servicio con diagnóstico de post operado de ligamento cruzado anterior. Después de ello, se realizará la respectiva lectura de la historia clínica o en caso no se cuente con ella de la ficha de evaluación médica, y consiguiente anamnesis, de manera que se pueda establecer si los pacientes muestran algún criterio de exclusión que les impida participar del estudio. Luego de realizar el

procedimiento de exclusión de pacientes, se tendrá en cuenta cuántos de ellos podrán ser evaluados siguiendo el estricto cumplimiento de los criterios de inclusión. Una vez concluida esta etapa, se les presentará y explicará el proyecto con la consiguiente entrega del consentimiento informado, donde se les hará de conocimiento el propósito, objetivos, beneficios y condiciones del estudio.

Finalmente, el estudio iniciará con la realización del test de fuerza máxima, según el cual se solicitará a los pacientes, realizar un previo calentamiento con aproximadamente 8 a 10 repeticiones de extensión de rodilla, con descansos de 3 minutos entre cada intento. Posteriormente y con una resistencia equivalente al 60% de la fuerza máxima establecida para el paciente iniciará la prueba, donde se les solicitará sentarse en la máquina de cuádriceps y realizar un número de 10 repeticiones. Se irá aumentando la resistencia hasta observar la presencia de compensaciones, fatiga o fasciculaciones. Una vez detallada la cantidad de peso levantado así como el número de repeticiones realizadas, se procederá a la estimación del valor de fuerza muscular del cuádriceps en base a la fórmula de Brzycki.

9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

Se realizará un análisis no paramétrico, pues las dos variables de la investigación son medidas en dos niveles diferentes. La prueba utilizada

para probar la hipótesis será la *chi* cuadrada (χ^2), debido a que es una prueba estadística utilizada para evaluar hipótesis acerca de la relación entre dos variables categóricas. Se calculará por medio de tablas de contingencia o tabulación cruzada, donde cada variable será subdividida en dos o más categorías.

10. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Para la realización del estudio se tendrá en consideración la autorización de la institución y el consentimiento informado de los pacientes del Centro Médico Naval. (Ver anexo N° 2).

RESULTADOS

1. CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

1.1 Edad de la muestra

Tabla Nº 1: Edad promedio de la muestra

| Características de la edad | |
|----------------------------|-------|
| Muestra | 20 |
| Media | 34,40 |
| Desviación estándar | 6,96 |
| Edad Mínima | 25 |
| Edad Máxima | 48 |

Fuente: Elaboración Propia

La muestra, formada por 20 en pacientes del sexo masculino, post operados de ligamento cruzado anterior que fueron evaluados respecto a la fuerza muscular del cuádriceps, presentaban una edad promedio de 34,40 años, una desviación estándar de 6,96 años y un rango de edad que iba de 25 a 48 años.

1.2 Distribución por edades de la muestra

Tabla N° 2: Distribución por edades de la muestra

| | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje acumulado |
|-----------------|------------|------------|----------------------|
| de 20 a 29 años | 5 | 25,0 | 25,0 |
| de 30 a 39 años | 10 | 50,0 | 75,0 |
| de 40 a 49 años | 5 | 25,0 | 100,0 |
| Total | 20 | 100,0 | |

Fuente: Elaboración Propia

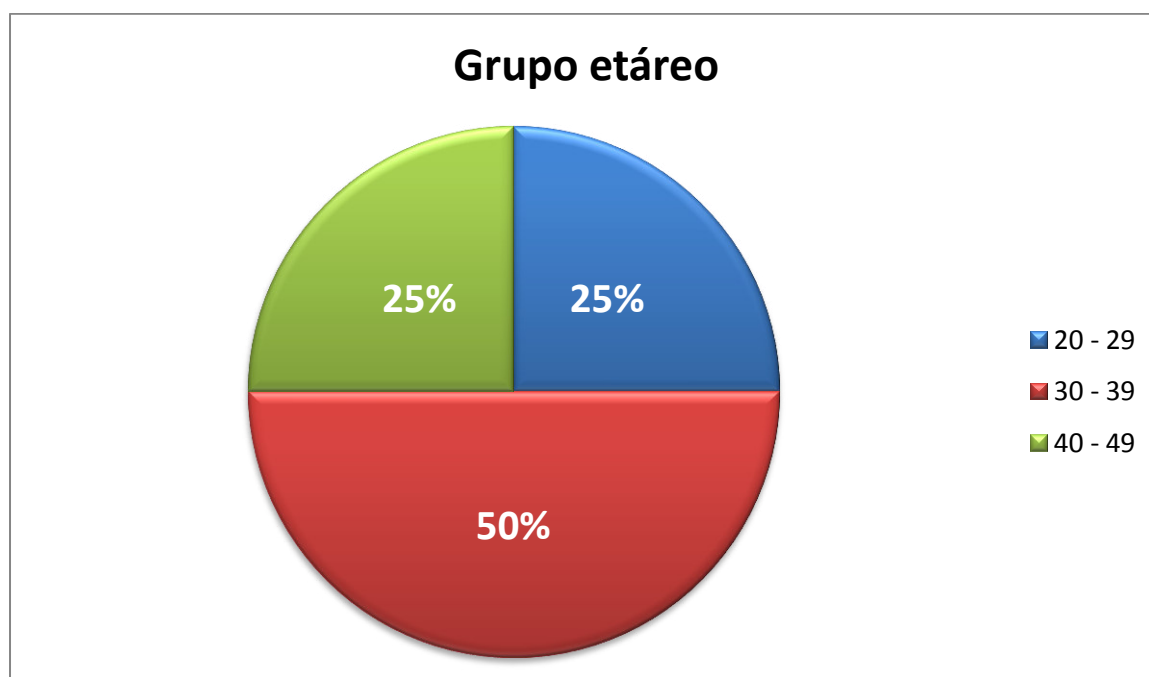


Gráfico N° 1: Distribución por edades de la muestra

La tabla N° 2 presenta la distribución de la muestra por edades. Se encontraban en el grupo etario de 20 a 29 años 5 personas que representan el 25% del total; se encontraban en el grupo etario de 30 a 39 años 10 personas que representan el

50% del total y se encontraban en el grupo etario de 40 a 49 años 5 personas que representan el 25% del total. Los porcentajes correspondientes se presentan en la figura N° 1.

2. EVALUACION DE LA FUERZA MUSCULAR DEL CUÁDRICEPS

2.1 Distribución por miembro inferior operado

Tabla N° 3: Distribución por miembro operado

| | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje acumulado |
|----------------------------|------------|------------|----------------------|
| Miembro inferior derecho | 8 | 40,0 | 40,0 |
| Miembro inferior izquierdo | 12 | 60,0 | 100,0 |
| Total | 20 | 100,0 | |

Fuente: Elaboración Propia

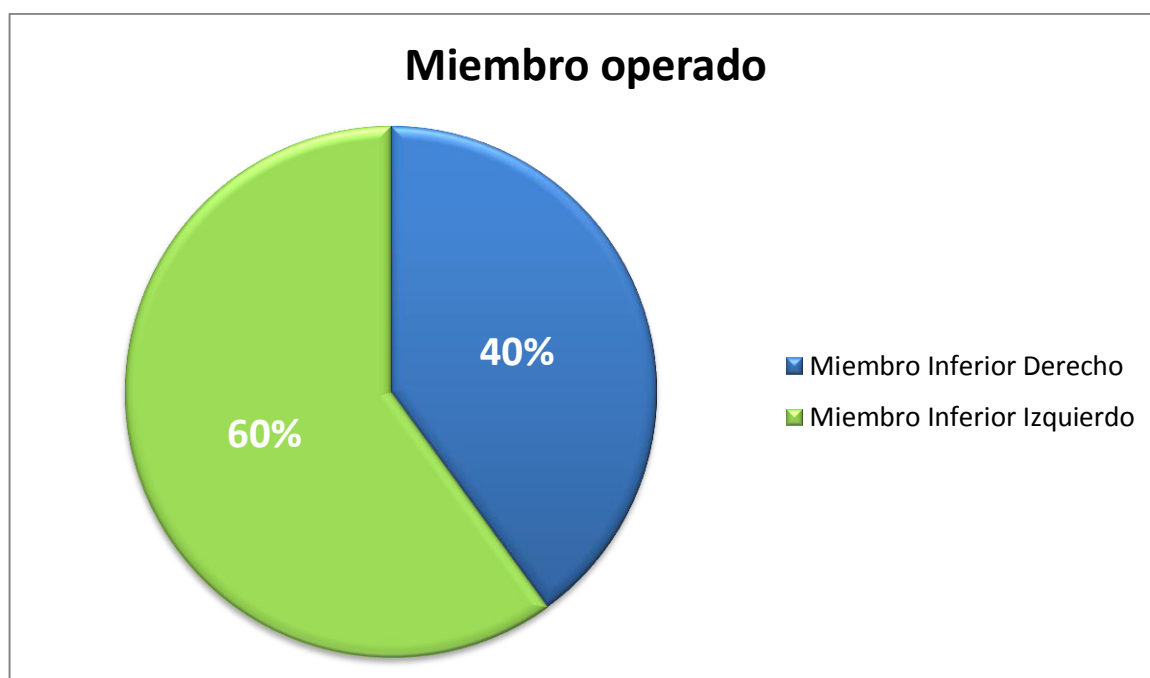


Gráfico N° 2: Distribución por miembro operado

En la tabla N° 3 se presenta la distribución de la muestra por miembro inferior operado. Tenían una operación quirúrgica del miembro inferior derecho 8, que representan el 40% del total y tenían una operación quirúrgica del miembro inferior izquierdo 12, que representan el 60% del total. Se pueden observar que la mayor parte de la muestra había sido operada del miembro inferior izquierdo. Los porcentajes correspondientes se presentan en la figura N° 2.

2.2 Distribución por implante quirúrgico de la muestra

Tabla N° 4: Distribución por tipo de implante quirúrgico

| | Frecuencia | Porcentaje | Porcentaje acumulado |
|-------------|------------|------------|----------------------|
| Autoinjerto | 15 | 75,0 | 75,0 |
| Aloinjerto | 5 | 25,0 | 100,0 |
| Total | 20 | 100,0 | |

Fuente: Elaboración Propia

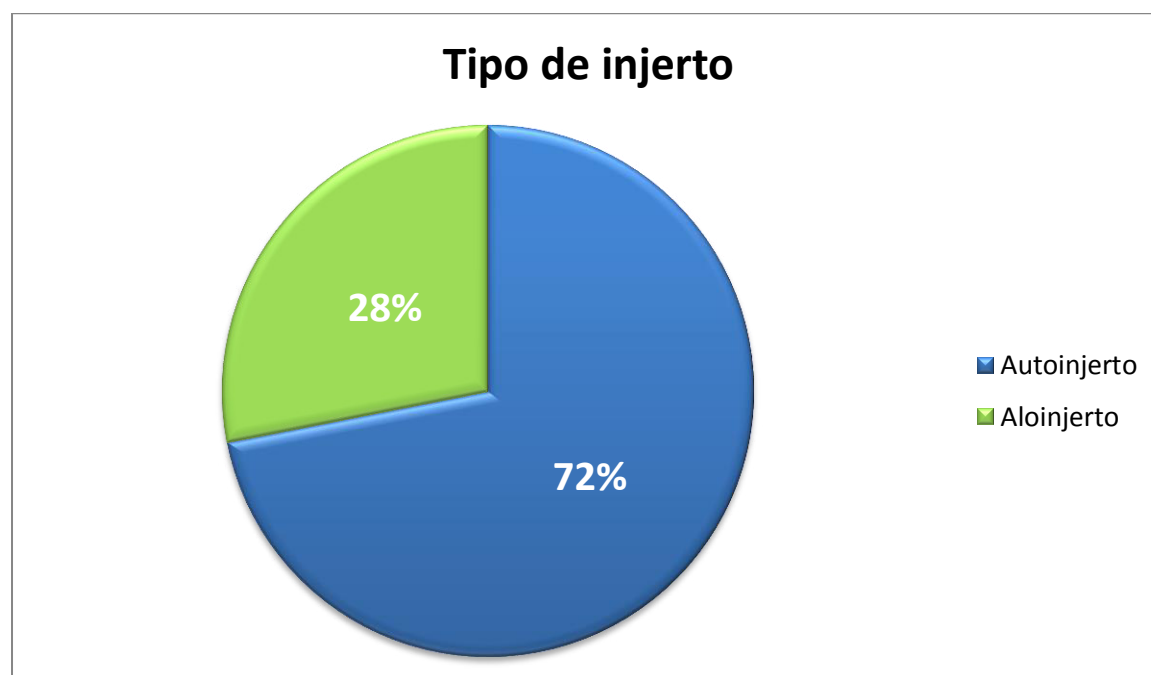


Gráfico N° 3: Distribución por tipo de implante quirúrgico

En la tabla N° 4 se presenta la distribución de la muestra por tipo de injerto quirúrgico. Tenían una operación quirúrgica de autoinjerto 15 pacientes y aloinjerto 5 pacientes. Se puede observar que la mayor parte de pacientes tenían una operación quirúrgica de Autoinjerto. Los porcentajes correspondientes se presentan en la figura N° 3.

2.3 Distribución por implante quirúrgico y miembro operado

Tabla N° 5: Distribución por tipo de implante y miembro operado

| | | Tipo de injerto | | Total |
|---------|----------------------------|-----------------|------------|-------|
| | | Autoinjerto | Aloinjerto | |
| Miembro | Miembro inferior derecho | 6 | 2 | 8 |
| Operado | Miembro inferior izquierdo | 9 | 3 | 12 |
| Total | | 15 | 5 | 20 |

Fuente: Elaboración Propia

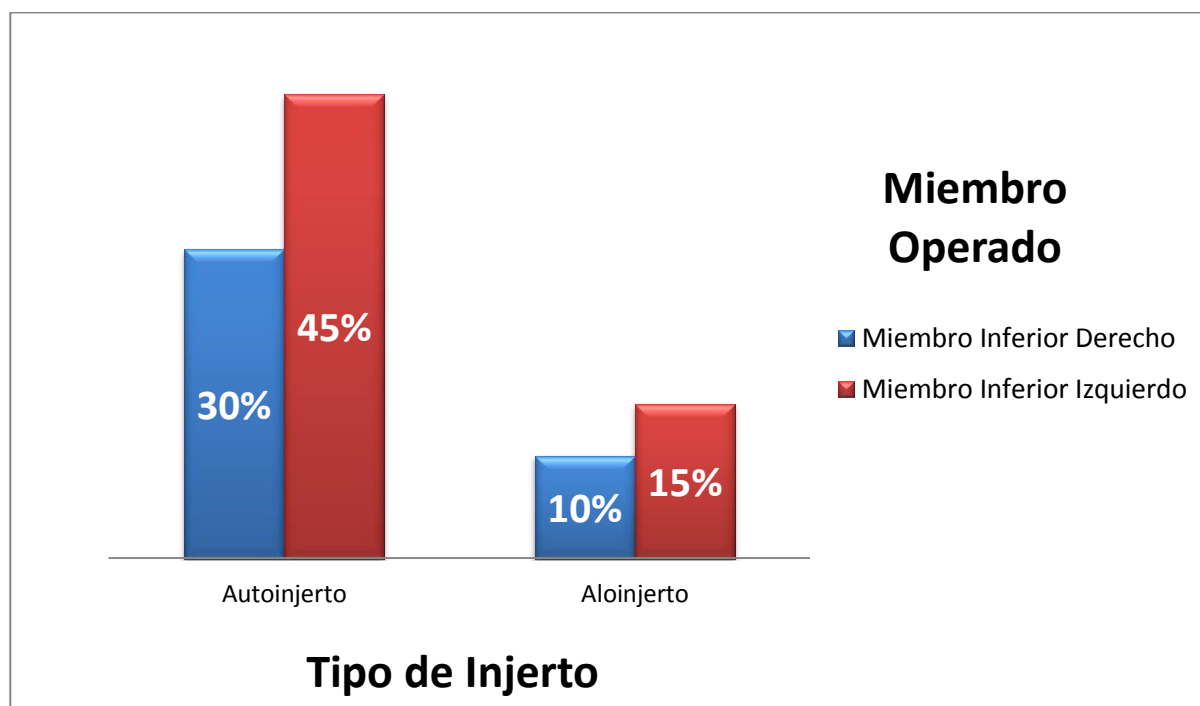


Gráfico N° 4: Distribución por tipo de implante y miembro operado

En la tabla N° 5 se presenta la distribución de la muestra por tipo de injerto quirúrgico y miembro operado. De los que tenían una operación quirúrgica de autoinjerto 6 habían sido operados del miembro inferior derecho y 9 del miembro inferior izquierdo. De los que tenían una operación quirúrgica de aloinjerto 2 habían sido operados del miembro inferior derecho y 3 del miembro inferior izquierdo. Se puede observar que la mayor parte de la muestra había sido operada de la pierna izquierda. Los porcentajes correspondientes se muestran en la figura N° 4.

2.4 Trofismo muscular promedio de la muestra por implante quirúrgico y miembro operado

Tabla N° 6: Trofismo muscular promedio por tipo de implante

| | Diámetro Superior (cm) | Diámetro Medio (cm) | Diámetro Inferior (cm) |
|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|
| Autoinjerto | | | |
| Media | 58,27 | 50,97 | 42,53 |
| Desviación estándar | ± 5,13 | ± 3,61 | ± 2,92 |
| Mínimo | 51 | 45 | 37 |
| Máximo | 69 | 58 | 46 |
| Aloinjerto | | | |
| Media | 59,00 | 50,60 | 43,40 |
| Desviación estándar | ± 6,29 | ± 5,81 | ± 5,08 |
| Mínimo | 54 | 46 | 40 |
| Máximo | 69 | 60 | 52 |

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 6 se presentan los resultados promedios, del trofismo muscular por implante quirúrgico, de la muestra. Los que habían sido operados con implante

quirúrgico de Autoinjerto, presentaron un diámetro superior de 58,27 cm; un diámetro medio de 50,97 cm y un diámetro inferior de 42,53 cm. Los que habían sido operados con implante quirúrgico de Aloinjerto, presentaron un diámetro superior de 59,00 cm; un diámetro medio de 50,60 cm y un diámetro inferior de 43,40 cm.

2.5 Trofismo muscular promedio de la muestra, por tipo de injerto, en miembro operado y no operado

Tabla Nº 7: Trofismo muscular de la muestra por miembro operado y no operado

| Descripción diametral | Miembro operado | Miembro no operado | Diferencia | Diferencia (%) | Rangos de Wilcoxon | |
|-----------------------|-----------------|--------------------|------------|----------------|--------------------|------------|
| | | | | | p valor | Conclusión |
| Autoinjerto | | | | | | |
| Diámetro Superior | 58,27 | 60,20 | -1,93 | 3,21% | 0,001 | Sig. |
| Diámetro Medio | 50,97 | 52,73 | -1,76 | 3,34% | 0,001 | Sig. |
| Diámetro Inferior | 42,53 | 43,87 | -1,34 | 3,05% | 0,003 | Sig. |
| Aloinjerto | | | | | | |
| Diámetro Superior | 59,00 | 60,40 | -1,40 | 2,32% | 0,034 | Sig. |
| Diámetro Medio | 50,60 | 51,90 | -1,30 | 2,50% | 0,066 | No sig. |
| Diámetro Inferior | 43,40 | 44,30 | -0,90 | 2,03% | 0,180 | No sig. |

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla Nº 7 se presentan los resultados promedios, del trofismo muscular de la muestra, por tipo de injerto, en el miembro inferior operado y el miembro inferior no operado. Los que fueron operados con Autoinjerto, en el miembro inferior operado se encontró un diámetro superior promedio de 58,27 cm; un diámetro medio de

50,97 cm y un diámetro inferior de 42,53 cm. En el miembro inferior no operado se encontró un diámetro superior promedio de 60,20 cm; un diámetro medio de 52,73 cm y un diámetro inferior de 43,87 cm. Los que fueron operados con Aloinjerto, en el miembro inferior operado se encontró un diámetro superior promedio de 59,00 cm; un diámetro medio de 50,60 cm y un diámetro inferior de 43,40 cm. En el miembro inferior no operado se encontró un diámetro superior promedio de 60,40 cm; un diámetro medio de 51,90 cm y un diámetro inferior de 44,30 cm. Las diferencias porcentuales, en los operados con Autoinjerto, fueron del 3,21% en el diámetro superior, del 3,34% en el diámetro medio y del 3,05% en el diámetro inferior. Las diferencias porcentuales, en los operados con Aloinjerto, fueron del 2,32% en el diámetro superior, del 2,50% en el diámetro medio y del 2,03% en el diámetro inferior. Asimismo, se presentan los resultados obtenidos, mediante la prueba W de Wilcoxon, para establecer las diferencias del trofismo muscular del miembro operado y la fuerza muscular del miembro no operado. En los operados con autoinjerto, existen diferencias significativas en el diámetro superior ($p=0,001 <0,05$), en el diámetro medio ($p=0,001 <0,05$) y en el diámetro inferior ($p=0,003 <0,05$). En los operados con aloinjerto, existen diferencias significativas en el diámetro superior ($p=0,034 <0,05$), en el diámetro medio no existen diferencias ($p=0,066 >0,05$) y en el diámetro inferior no existen diferencias ($p=0,180 >0,05$).

2.6 Diferencia del trofismo muscular promedio de la muestra, en miembro operado y no operado

Tabla Nº 8: Diferencia del trofismo muscular de la muestra

| Descripción diametral | Miembro operado | Miembro no operado | Diferencia | Diferencia (%) |
|--------------------------|-----------------|--------------------|------------|----------------|
| Diámetro Superior | 58,45 | 60,25 | -1,80 | 2,99% |
| Diámetro Medio | 50,88 | 52,53 | -1,65 | 3,14% |
| Diámetro Inferior | 42,75 | 43,98 | -1,23 | 2,80% |

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla Nº 8 se presentan los resultados promedios, del trofismo muscular de la muestra en el miembro inferior operado y el miembro inferior no operado. En el miembro inferior operado se encontró un diámetro superior promedio de 58,45 cm; un diámetro medio de 50,88 cm y un diámetro inferior de 42,75 cm. En el miembro inferior no operado se encontró un diámetro superior promedio de 60,25 cm; un diámetro medio de 52,53 cm y un diámetro inferior de 43,98 cm. Las diferencias porcentuales fueron del 2,99% en el diámetro superior, del 3,14% en el diámetro medio y del 2,80% en el diámetro inferior.

2.7 Fuerza muscular promedio por implante quirúrgico y miembro operado

Tabla Nº 9: Fuerza muscular promedio por tipo de implante

| | Intentos | Peso | Repeticiones | Masa | 1RM/kg. |
|---------------------|----------|---------|--------------|----------|---------|
| Autoinjerto | | | | | |
| Media | 4,2 | 7,333 | 7,0 | 78,200 | 0,376 |
| Desviación estándar | ± 0,7 | ± 0,705 | ± 1,7 | ± 9,344 | ± 0,260 |
| Mínimo | 3 | 5,750 | 4 | 64 | 0,353 |
| Máximo | 5 | 8,750 | 9 | 99 | 0,455 |
| Alloinjerto | | | | | |
| Media | 4,6 | 7,300 | 7,0 | 76,000 | 0,384 |
| Desviación estándar | ± 0,9 | ± 0,908 | ± 2,0 | ± 13,416 | ± 0,006 |
| Mínimo | 4 | 6,250 | 5 | 70 | 0,375 |
| Máximo | 6 | 8,750 | 9 | 100 | 0,388 |

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla Nº 9 se presentan los resultados promedios, de la fuerza muscular dinámica máxima promedio por implante quirúrgico, de la muestra. Los que habían sido operados con implante quirúrgico de Autoinjerto presentaron una fuerza muscular dinámica máxima promedio de 0,376 1RM/kg, luego de realizar 4 intentos, levantar un peso de 7, 333 kg, en 7 repeticiones y presentaron una masa de 78,200. Los que habían sido operados con implante quirúrgico de Alloinjerto, presentaron una fuerza muscular dinámica máxima promedio de 0,384 1RM/kg, luego de realizar 5 intentos, levantar un peso de 7,300 kg, en 7 repeticiones y presentaron una masa corporal de 76,000.

2.8 Fuerza muscular dinámica máxima promedio por implante quirúrgico

Tabla N° 10: Fuerza muscular por tipo de implante

| | Autoinjerto | Alloinjerto |
|---------------------|-------------|-------------|
| Muestra | 15 | 5 |
| Media | 0,376 | 0,384 |
| Desviación estándar | $\pm 0,026$ | $\pm 0,005$ |
| Mínima | 0,353 | 0,375 |
| Máxima | 0,455 | 0,388 |

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 10 se presentan los resultados promedios, de la fuerza muscular dinámica máxima promedio por implante quirúrgico, de la muestra. Los que habían sido operados con implante quirúrgico de Autoinjerto presentaron una fuerza muscular dinámica máxima promedio de 0,376 1RM/kg, con una desviación estándar de $\pm 0,026$ 1RM/kg, siendo la fuerza muscular dinámica mínima de $\pm 0,353$ 1RM/kg y la máxima de $\pm 0,455$ 1RM/kg. Los que habían sido operados con implante quirúrgico de Alloinjerto presentaron una fuerza muscular dinámica máxima promedio de 0,384 1RM/kg, con una desviación estándar de $\pm 0,005$ 1RM/kg, siendo la fuerza muscular dinámica mínima de $\pm 0,375$ 1RM/kg y la máxima de $\pm 0,388$ 1RM/kg.

2.9 Diferencia de fuerza muscular promedio por implante quirúrgico y miembro no operado

Tabla N° 11: Diferencia de la fuerza muscular por tipo de implante y miembro operado y no operado

| | Miembro Operado | Miembro no Operado | Diferencia (%) | Rangos de Wilcoxon | |
|--------------------|-----------------|--------------------|----------------|--------------------|------------|
| | | | | p valor | Conclusión |
| Autoinjerto | 0,376 1RM/kg | 0,639 1RM/kg | 41,2% | 0,001 | Sig. |
| Media | | | | | |
| Alloinjerto | 0,384 1RM/kg | 0,660 1RM/kg | 41,8% | 0,043 | Sig. |
| Media | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 11 se presentan los resultados promedios, de la fuerza muscular dinámica máxima por implante quirúrgico, de la muestra en el miembro operado y no operado. Los que habían sido operados con implante quirúrgico de Autoinjerto presentaron una fuerza muscular dinámica máxima promedio de 0,376 1RM/kg, y en el miembro no operado una fuerza muscular de 0,639 RM/kg. Los que habían sido operados con implante quirúrgico de Alloinjerto presentaron una fuerza muscular dinámica máxima promedio de 0,384 1RM/kg y en el miembro no operado una fuerza muscular de 0,660 RM/kg. Asimismo, se presentan los resultados obtenidos, mediante la prueba W de Wilcoxon, para establecer las diferencias entre la fuerza muscular del miembro operado y la fuerza muscular del miembro no operado. Se observa que existen diferencias significativas ($p=0,001 < 0,05$) en la fuerza muscular de los pacientes operados con autoinjerto. Al comparar la fuerza muscular del miembro operado y la fuerza

muscular del miembro no operado en los pacientes operados con aloinjerto se encontró diferencias significativas ($p=0,043 < 0,05$).

2.10 Fuerza muscular promedio de la muestra en miembro operado

Tabla Nº 12: Fuerza muscular promedio en miembro operado

| | Intentos | Peso | Repeticiones | Masa | 1RM/kg. |
|---------------------|-----------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| Media | 4,3 | 7,325 | 7,0 | 77,650 | 0,378 |
| Desviación estándar | $\pm 0,7$ | $\pm 0,735$ | $\pm 1,8$ | $\pm 10,158$ | $\pm 0,228$ |
| Mínimo | 3 | 5,750 | 4 | 64 | 0,353 |
| Máximo | 6 | 8,750 | 9 | 100 | 0,455 |

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla Nº 12 se presentan los resultados promedios, de la fuerza muscular dinámica máxima promedio de la muestra. La muestra obtuvo una fuerza muscular dinámica máxima promedio de 0,378 1RM/kg, luego de realizar 4 intentos, levantar un peso de 7,325 kg, en 7 repeticiones y presentar una masa corporal de 77,650.

2.11 Diferencia de la fuerza muscular promedio de la muestra y miembro no operado

Tabla Nº 13: Diferencia muscular en miembro operado y no operado

| Miembro Operado | Miembro no Operado | Diferencia (%) | Rangos de Wilcoxon | |
|-----------------|--------------------|----------------|--------------------|------------|
| | | | p valor | Conclusión |
| 0,378 1RM/kg | 0,644 1RM/kg | 41,3% | 0,000 | Sig. |

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 13 se presentan los resultados promedios, de la fuerza muscular dinámica máxima de la muestra, en el miembro operado y no operado. Los que habían sido operados presentaron una fuerza muscular dinámica máxima promedio de 0,378 1RM/kg en el miembro inferior operado y una fuerza muscular dinámica máxima promedio de 0,644 1RM/kg en el miembro inferior no operado. Asimismo, se presentan los resultados obtenidos, mediante la prueba W de Wilcoxon, para establecer las diferencias entre la fuerza muscular del miembro operado y la fuerza muscular del miembro no operado. Se observa que existen diferencias significativas ($p=0,000 < 0,05$), es decir que si existe una disminución significativa de la fuerza muscular del cuádriceps en los pacientes post operados de ligamento cruzado anterior.

2.12 Fuerza muscular categorizada por implante quirúrgico y miembro operado

Tabla N° 14: Fuerza muscular categorizada por tipo de implante

| | Tipo de injerto | | Total |
|-----------|-----------------|-------------|-------|
| | Autoinjerto | Alloinjerto | |
| Malo | 14 | 4 | 18 |
| Regular | 1 | 1 | 2 |
| Bueno | 0 | 0 | 0 |
| Excelente | 0 | 0 | 0 |
| Total | 15 | 5 | 20 |

Fuente: Elaboración Propia

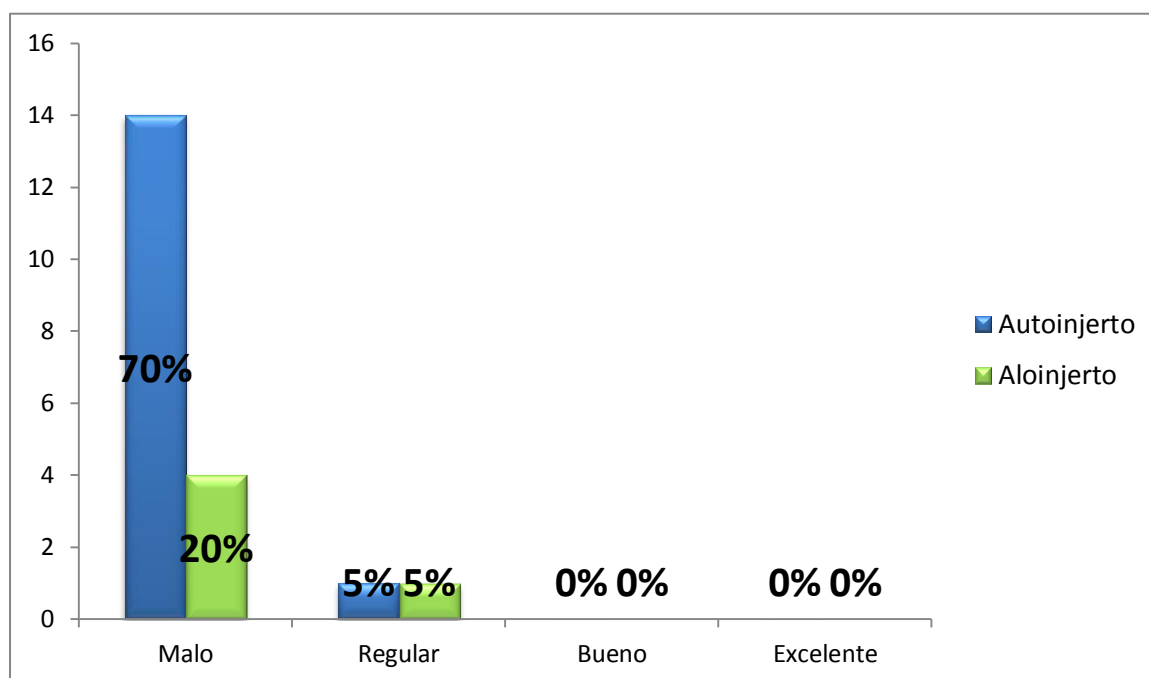


Gráfico N° 5: Fuerza muscular categorizada por tipo de implante

En la Tabla N° 14 se presentan los resultados de la fuerza muscular, categorizada, de la muestra por implante quirúrgico. De los que habían sido operados con implante quirúrgico de Autoinjerto, 14 presentaron una fuerza muscular mala, 1 presentó una fuerza muscular regular y ninguno presentó una fuerza muscular buena y excelente. De los que habían sido operados con implante quirúrgico de Aloinjerto, 4 presentaron una fuerza muscular mala, 1 presentó una fuerza muscular regular y ninguno presentó una fuerza muscular buena o excelente. Los porcentajes se muestran en el gráfico N° 5.

2.13 Fuerza muscular categorizada por implante quirúrgico y miembro no operado

| | Autoinjerto | | Aloinjerto | |
|-----------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| | Miembro Operado | Miembro no Operado | Miembro Operado | Miembro no Operado |
| Malo | 14 | 0 | 4 | 0 |
| Regular | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Bueno | 0 | 14 | 0 | 5 |
| Excelente | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Total | 15 | 15 | 5 | 5 |

Fuente: Elaboración Propia

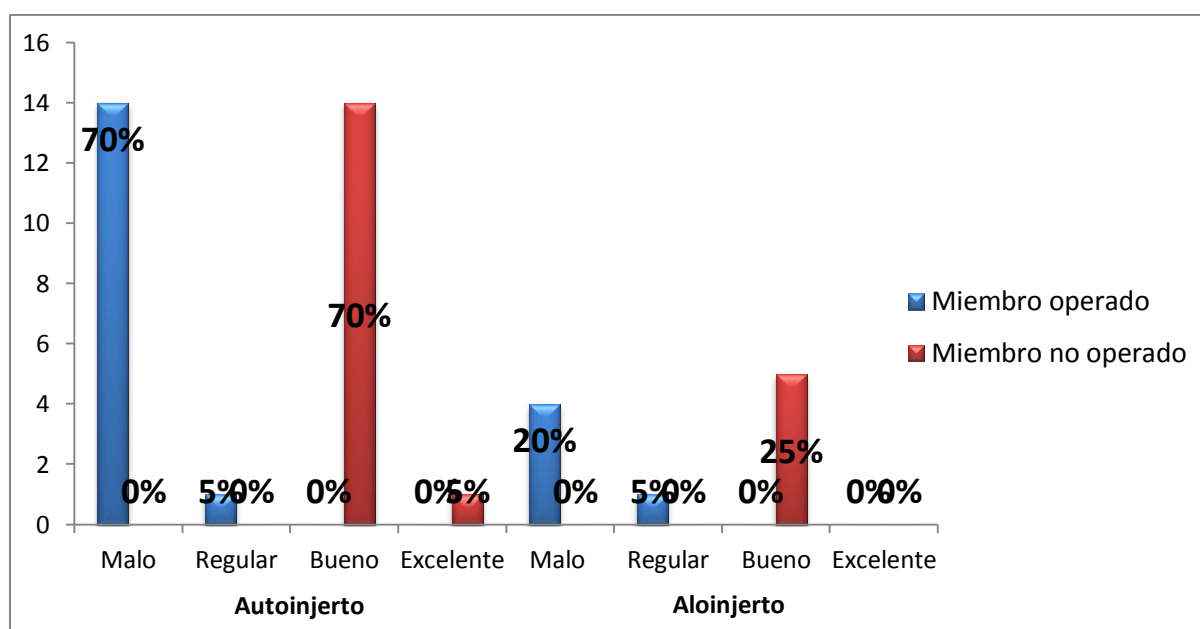


Gráfico N° 6: Fuerza muscular categorizada por miembro operado y no operado

En la Tabla N° 15 se presentan los resultados categorizados, de la fuerza muscular de la muestra por implante quirúrgico, en el miembro operado y no operado. De los que habían sido operados con implante quirúrgico de Autoinjerto, 14 presentaron una fuerza muscular mala y 1 presentó una fuerza muscular regular, mientras que en el miembro no operado 14 presentaron una fuerza muscular buena y 1 presentó una fuerza muscular excelente. De los que habían sido operados con implante

quirúrgico de Aloinjerto, 4 presentaron una fuerza muscular mala y 1 presentó una fuerza muscular regular, mientras que en el miembro no operado todos presentaron una fuerza muscular buena. Los porcentajes correspondientes se muestran en la gráfico N° 6.

2.14 Evaluación de la fuerza muscular categorizada de la muestra en miembro operado

Tabla N° 16: Fuerza muscular categorizada de la muestra

| | Fuerza muscular | |
|-----------|-----------------|------------|
| | Frecuencia | Porcentaje |
| Malo | 18 | 90,0 |
| Regular | 2 | 10,0 |
| Bueno | 0 | 0,0 |
| Excelente | 0 | 0,0 |
| Total | 20 | 100,0 |

Fuente: Elaboración Propia

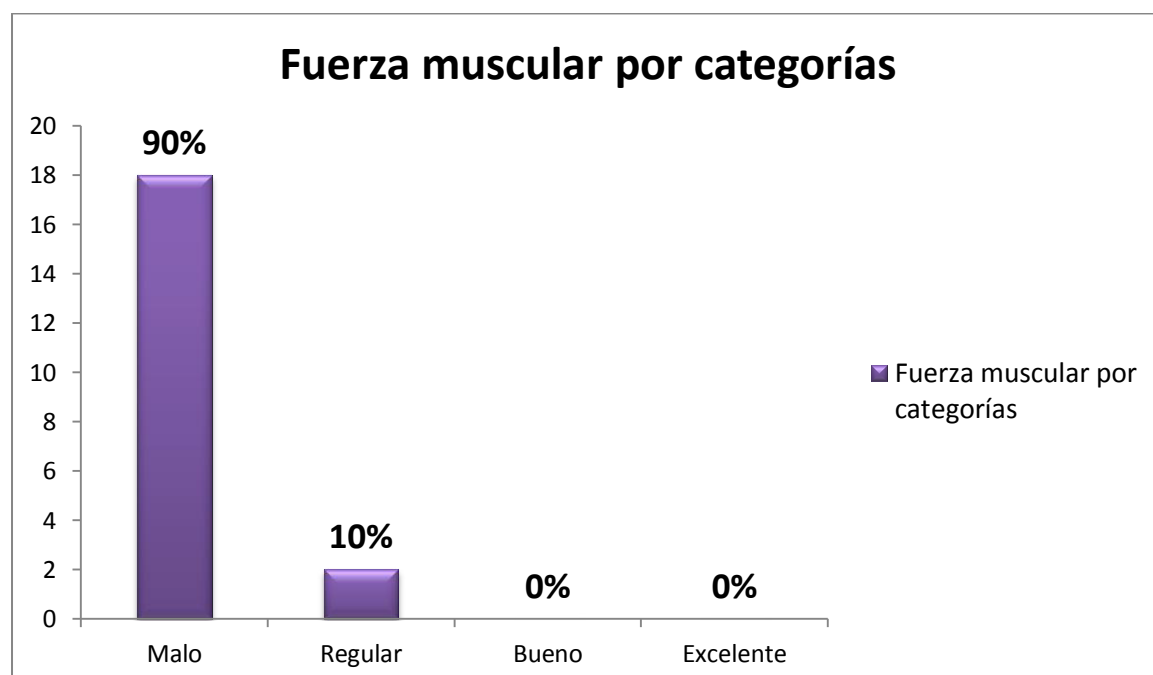


Gráfico N° 7: Fuerza muscular categorizada de la muestra

En la Tabla N° 16 se presentan los resultados categorizados, de la fuerza muscular de la muestra. 18 presentaron una fuerza muscular mala, 2 presentaron una fuerza muscular regular y ninguno presento una fuerza muscular buena o excelente. Los porcentajes correspondientes se muestran en el gráfico N° 7.

2.14 Evaluación de la fuerza muscular categorizada de la muestra en miembro operado y no operado

Tabla N° 17: Fuerza muscular categorizada por miembro operado y no operado

| | Fuerza muscular | |
|-----------|-----------------|--------------------|
| | Miembro operado | Miembro no operado |
| Malo | 18 | 0 |
| Regular | 2 | 0 |
| Bueno | 0 | 19 |
| Excelente | 0 | 1 |
| Total | 20 | 20 |

Fuente: Elaboración Propia

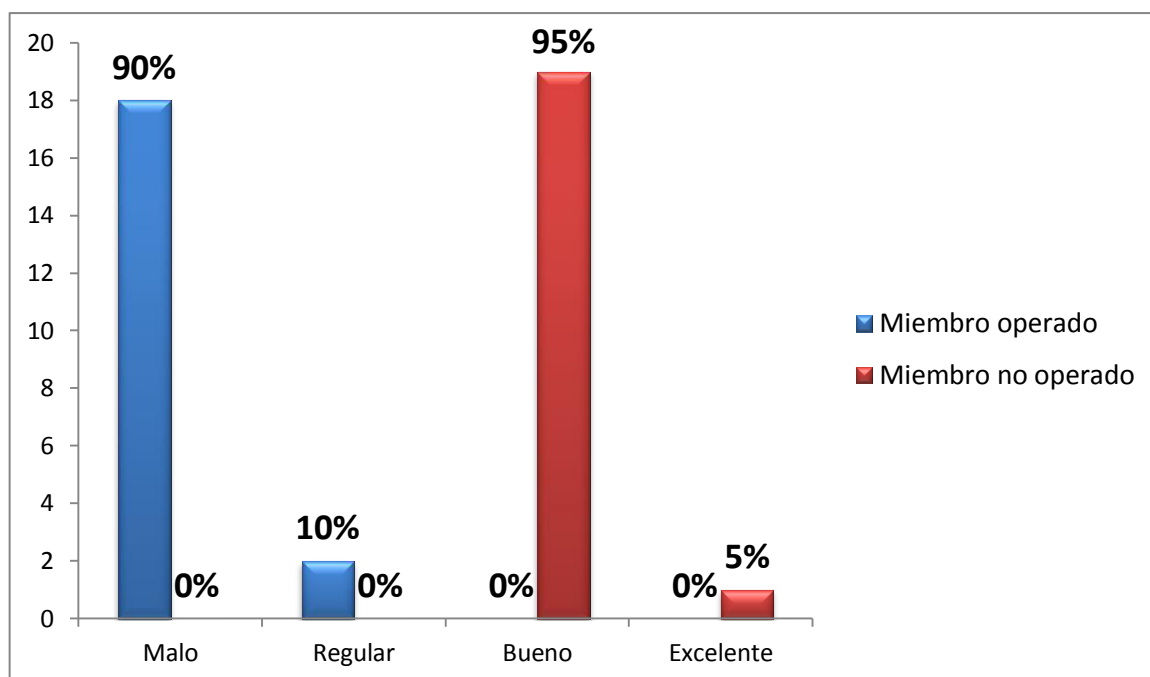


Gráfico N° 8: Fuerza muscular categorizada por miembro operado y no operado

En la Tabla N° 17 se presentan los resultados categorizados, de la fuerza muscular de la muestra, en el miembro operado y no operado. De los que habían sido operados, 18 presentaron una fuerza muscular mala y 2 presentaron una fuerza muscular regular y ninguno presento una fuerza muscular buena o excelente, mientras que en el miembro no operado ninguno presento una fuerza muscular mala o regular, 19 presentaron una fuerza muscular buena y 1 presento una fuerza muscular excelente. Los porcentajes correspondientes se muestran en el gráfico N° 8.

Prueba de la Hipótesis de investigación

- a. Existe disminución de fuerza muscular de cuádriceps en pacientes post operados del ligamento cruzado anterior.
 1. **Ho: NO** existe disminución de la fuerza muscular de cuádriceps en pacientes post operados del ligamento cruzado anterior.
 2. **Ha: SI** existe disminución de la fuerza muscular de cuádriceps en pacientes post operados del ligamento cruzado anterior.
 3. **Nivel de significancia:** $\alpha = 5\% \approx 0,05$
 4. Prueba Estadística: Rangos de Wilcoxon

Tabla N° 14: Rangos de Wilcoxon

| | Fuerza muscular miembro operado - Fuerza muscular miembro no operado |
|------------------------------|---|
| Z | -3,920 ^b |
| Sig. Asintótica. (bilateral) | 0,000 |

- a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon
 - b. Basado en los rangos negativos.
5. En la tabla N° 18 se observa que el valor de W de Wilcoxon calculado es $W = -3,920$ con un nivel de significancia de $p = 0,000$ (p valor), el cual es menor al nivel de significancia esperado $\alpha = 0,05$, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna, es decir: **SI** existe disminución de la fuerza muscular de cuádriceps en pacientes post operados del ligamento cruzado anterior.

DISCUSIÓN

Es la reconstrucción de ligamento cruzado anterior una de las intervenciones quirúrgicas de mayor incidencia en el campo traumatológico, trayendo consigo la consecuente afectación propioceptiva y de la condición muscular. Fithian D. C.; Daniel D. M.; Faustgen J. P. y Stone M. L.¹ mencionan que después de una reconstrucción del LCA con frecuencia se observa una debilidad prolongada del cuádriceps.

Los resultados de esta investigación realizada a 20 personas con diagnóstico médico de post-operado de ligamento cruzado anterior, diagnosticados en el Servicio de Medicina Física y Rehabilitación del Centro Médico Naval Cirujano Mayor Santiago Távara demuestran la disminución de la fuerza muscular del cuádriceps, categorizándola dentro de la escala de aptitud muscular con un nivel malo, y mostrando diferencias significativas en relación al miembro no operado.

En cuanto a la edad se observa que el grupo de personas cuyas edades están comprendidas entre los 30 a 39 años (10 personas, 50%) es más numeroso que el grupo cuyas edades oscilan entre 20 a 29 años (5 personas, 25%), así como también en aquellas cuyas edades se encuentran entre 40 a 49 años (5 personas, 25%) (Tabla N° 2).

En la investigación “Fuerza explosiva y rehabilitación kinésica del ligamento cruzado anterior”⁷, en la cual se evaluaron a 15 deportistas con los tres diferentes tipos de saltos propuestos por Bosco comprobaron que en el primer tipo unipodal el 93.40% no superó el 80% de fuerza explosiva con respecto al miembro sano, mientras que

en el segundo tipo unipodal el 86.70% estaba por debajo de la marca. Así también en la evaluación bipodal se comprobó que en el primer tipo el 87.70% calificó como insuficiente, mientras que en el segundo tipo fue el 73.40%. Finalmente en el tercer tipo el 66.67% obtuvo dicha clasificación. Esto demuestra el alto porcentaje de deportistas que tanto al término de su rehabilitación como en el retorno al campo presentaban una importante carencia de fuerza explosiva, una de las subcategorías de la fuerza muscular, lo cual puede desencadenar en posibles lesiones.

Si bien no existen muchos antecedentes de trabajos anteriores en los que se determine con valores objetivos el trofismo muscular del miembro inferior operado, algunas investigaciones como “Valoración del tratamiento fisioterapéutico previo a la reconstrucción del ligamento cruzado anterior de la rodilla” resaltan que el cuádriceps puede perder hasta el 30% de fuerza y masa muscular.

No obstante a ello, la investigación “Tratamiento fisioterapéutico tras reconstrucción del ligamento cruzado anterior”⁵ muestra que en la séptima semana post quirúrgica y durante el tratamiento rehabilitador las mediciones del diámetro del muslo hechas a razón de 13 cm, 8 cm y 2 cm sobre la rótula dieron unas diferencias de 5.5 cm, 2 cm y 1 cm respectivamente, en relación del miembro operado con el no operado. Así mismo en la octava semana post quirúrgica las mismas mediciones dieron unas diferencias de 4 cm, 1 cm y 0.5 cm respectivamente, en relación del miembro operado con el no operado. Con ello se evidencian las diferencias de trofismo existentes después de la reconstrucción del LCA.

Este estudio corrobora ello con los resultados obtenidos, los cuales muestran que en los operados con implante quirúrgico de autoinjerto, existen diferencias significativas en el diámetro superior (3,21%), y de igual manera para el diámetro

medio (3,34%) e inferior (3,05%). Por su parte en los operados con implante quirúrgico de aloinjerto, existen diferencias significativas en el diámetro superior (2,32%), en el diámetro medio no existen diferencias (2,50%) y en el diámetro inferior no existen diferencias (2,03%).

En la publicación “Variación de los niveles de fuerza en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior con el transcurso del tiempo”⁴ se pudo evaluar la fuerza de los cuádriceps e isquiotibiales a largo plazo en pacientes que fueron operados luego de una ruptura del ligamento cruzado anterior con diferentes técnicas, siendo estas la técnica Mac Intosh – Marshall, una plástica extra articular y la técnica hueso-tendón-hueso. Cuando se compararon los resultados de los test de fuerza máxima utilizados en el miembro afectado con los del miembro contralateral se observó que los isquiotibiales tenían en la mayoría de los casos la misma fuerza en ambos miembros. En cambio, los cuádriceps sufrían más modificaciones. En la sumatoria de todos los valores de fuerza, los isquiotibiales del lado afectado eran un 43% más fuerte que los del miembro contralateral, mientras que los cuádriceps lo eran en un 2%.

En la evaluación de la fuerza muscular dinámica máxima por implante quirúrgico, de la muestra en el miembro operado y no operado. Los que habían sido operados con implante quirúrgico de Autoinjerto presentaron una fuerza muscular máxima promedio de índice 0.37, el mismo que según la escala de aptitud muscular en relación a la masa corporal, es de categoría mala. Por su parte en el miembro no operado una fuerza muscular obtuvo un índice de 0.64, siendo de categoría buena. Los que habían sido operados con implante quirúrgico de Aloinjerto presentaron una fuerza muscular máxima promedio de índice 0.38, equivalente a una categoría mala; mientras que en el miembro no operado una fuerza muscular se obtiene un índice

de 0.6, siendo de categoría buena. De esta forma se observa que existen diferencias significativas (41,2%) en la fuerza muscular de los pacientes operados con autoinjerto. Al comparar la fuerza muscular del miembro operado y la fuerza muscular del miembro no operado en los pacientes operados con aloinjerto se encontró diferencias significativas (41,8%). (Tabla N° 11)

En la evaluación de fuerza muscular máxima de la muestra, en el miembro operado y no operado. Los que habían sido operados presentaron una fuerza muscular máxima promedio de índice 0.37 en el miembro inferior operado, equivalente a una categoría mala. Así también una fuerza muscular máxima promedio de índice 0.64 en el miembro inferior no operado, clasificando con la categoría de buena. Asimismo se observa que existen diferencias significativas (41,3%), es decir que si existe una disminución significativa de la fuerza muscular del cuádriceps en los pacientes post operados de ligamento cruzado anterior. (Tabla N° 13)

La investigación “Comparación funcional entre injertos Hueso-Tendón Patelar-Hueso y Tendón Semitendinoso-Gracilis en la reconstrucción del Ligamento Cruzado Anterior de Rodilla” muestra una diferencia significativa en la variable obtenida mediante la escala de Lysholm entre el grupo con implante semitendinoso y gracilis logrando una funcionalidad mayor que el grupo de hueso-tendón-hueso.

Continuando con el análisis comparativo por implante quirúrgico, este estudio presenta los resultados categorizados, de la fuerza muscular de la muestra por implante quirúrgico, en el miembro operado y no operado. De los que habían sido operados con implante quirúrgico de Autoinjerto, 14 presentaron una fuerza

muscular mala y 1 presentó una fuerza muscular regular, mientras que en el miembro no operado 14 presentaron una fuerza muscular buena y 1 presentó una fuerza muscular excelente. De los que habían sido operados con implante quirúrgico de Aloinjerto, 4 presentaron una fuerza muscular mala y 1 presentó una fuerza muscular regular, mientras que en el miembro no operado todos presentaron una fuerza muscular buena. Con ello, no se determina una marcada diferencia en la disminución de fuerza muscular entre los implantes quirúrgicos de autoinjerto y aloinjerto.

CONCLUSIONES

- ✓ Los pacientes post operados de ligamento cruzado anterior muestran 41.3% de disminución de la fuerza muscular en el miembro operado en relación al miembro no operado. En el análisis estadístico, la diferencia es considerada significativa. Además, el valor promedio de fuerza muscular se encuentra en la categoría de mala aptitud muscular. Con todo ello se establece que existe disminución de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior.
- ✓ Los pacientes post operados de ligamento cruzado anterior con implante quirúrgico de autoinjerto muestran 41.2% de disminución de la fuerza muscular en el miembro operado en relación al miembro no operado. En el análisis estadístico, la diferencia es considerada significativa. Además el valor promedio de fuerza muscular en el miembro operado se encuentra en la categoría de mala aptitud muscular, mientras que en el miembro no operado se encuentra en la categoría de buena aptitud muscular. Con todo ello se establece la disminución de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes con este tipo de implante quirúrgico.
- ✓ Los pacientes post operados de ligamento cruzado anterior con implante quirúrgico de aloinjerto muestran 41.8% de disminución de la fuerza muscular en el miembro operado en relación al miembro no operado. En el análisis estadístico, la diferencia es considerada significativa. Además el valor promedio de fuerza muscular en el miembro operado se encuentra en la

categoría de mala aptitud muscular, mientras que en el miembro no operado se encuentra en la categoría de buena aptitud muscular. Con todo ello se establece la disminución de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes con este tipo de implante quirúrgico.

- ✓ Los pacientes post operados de ligamento cruzado anterior con implante quirúrgico de autoinjerto muestran disminución del diámetro transversal del muslo, evidenciando una disminución del trofismo muscular en el miembro operado en relación al miembro no operado, a razón de un 3.21%, 3.34% y 3.05%, en el diámetro superior, medio e inferior, respectivamente. En el análisis estadístico, las tres diferencias son consideradas significativas. Por su parte, los pacientes post operados de ligamento cruzado anterior con implante quirúrgico de aloinjerto muestran disminución del diámetro transversal del muslo, evidenciando una disminución del trofismo muscular en el miembro operado en relación al miembro no operado, a razón de un 2.32%, 2.50% y 2.03%, en el diámetro superior, medio e inferior, respectivamente. En el análisis estadístico, solo el primer caso obtuvo una diferencia considerada significativa. Con todo ello se establece la disminución del trofismo muscular del cuádriceps en los pacientes operados de ligamento cruzado anterior.
- ✓ Los pacientes post operados de ligamento cruzado anterior muestran disminución del diámetro transversal del muslo, evidenciando una disminución del trofismo muscular en el miembro operado en relación al miembro no operado, a razón de un 2.99%, 3.14% y 2.80%, en el diámetro

superior, medio e inferior, respectivamente. En el análisis estadístico, las tres diferencias son consideradas significativas. Así también, anterior muestran 41.3% de disminución de la fuerza muscular en el miembro operado en relación al miembro no operado. En el análisis estadístico, la diferencia es considerada significativa. Con todo ello se establece que la disminución del trofismo muscular se relaciona con la disminución de fuerza.

RECOMENDACIONES

- ✓ Incentivar la aplicación y desarrollo de nuevos test en la rehabilitación física de pacientes operados de ligamento cruzado anterior. De esta manera se dará un enfoque más objetivo en la evaluación y tratamiento fisioterapéutico, haciendo posible un mejor seguimiento del estado del paciente a través de datos cuantitativos.
- ✓ Dar relevancia a la necesidad de establecer programas fisioterapéuticos pre quirúrgicos para mejorar la fuerza muscular del grupo muscular cuádriceps, ante una artroscopia reconstructora del ligamento cruzado anterior, así como también un pronto inicio de tratamiento rehabilitador post quirúrgico. Todo ello con un mejor conocimiento sobre fuerza muscular y sus nuevos conceptos.
- ✓ Crear estrategias y programas de tratamiento fisioterapéuticos donde se incluya un adecuado programa de fortalecimiento muscular para mejorar las condiciones de fuerza y de trofismo muscular del miembro inferior operado, dando una relevancia al trabajo del grupo muscular cuádriceps, para de esta manera obtener una mejoría en la funcionalidad del paciente.
- ✓ Realizar una nueva investigación donde se pueda valorar el nivel de recuperación de la fuerza muscular en pacientes con implante quirúrgico de autoinjerto y aloinjerto después de un programa fisioterapéutico, que nos

pueda dar evidencia si en el proceso de recuperación de la fuerza, existen o no, diferencias significativas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fithian D. C.; Daniel D. M.; Faustgen J. P.; Stone M. L. Rehabilitación después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior. Vicente Sanchis A. Cirugía de rodilla, conceptos actuales y controversias. Madrid. Editorial Médica Panamericana. 1995. p. 55 – 70.
2. Sanchez Ramos et al. Rehabilitación tras reconstrucción del LCA con plastia de H-T-H. Archivos de medicina del deporte. 2007. 26: 365 – 381.
3. Forriol F.; Maestro A.; Vaquero Martin J. El ligamento cruzado anterior: morfología y función. Trauma Fund MAPFRE. 2008. 19 Supl 1:7-18.
4. Esper Andres E. Variaciones de los valores de fuerza muscular en pacientes operados del ligamento cruzado anterior con el transcurso del tiempo.
5. Rivera García Alba. Tratamiento Fisioterapéutico tras reconstrucción del ligamento cruzado anterior: seguimiento de dos casos clínicos. Madrid. Universidad de Alcalá.; 2010.
6. Gonzales Natalia, Letelier Daniela. Retardo electromiográfico en musculatura flexora de rodilla en pacientes post-operados de ligamento cruzado anterior. Santiago de Chile: Universidad de Chile; 2005.
7. Bejarano Gerardo, Bitschin Leonardo José. La fuerza explosiva y la rehabilitación kinésica del ligamento cruzado anterior. Buenos Aires: Universidad Abierta Interamericana. 2004.
8. Kapandji Adalbert. Biomecánica de los ligamentos cruzados. En: María Torres Lacomba. Fisiología articular - Volumen 2. 6ta edición. París. Editorial Médica Panamericana. 2010. p. 130 – 135.
9. Latarjet Michel; Ruiz Liard Alfredo. Anatomía Humana. 4ª edición. Madrid. Editorial Médica Panamericana. 2004.

10. Testut, L.; Latarjet, A. Compendio de anatomía descriptiva. Barcelona. Editorial Masson. 2004.
11. Manzano Serrano Emilio. Resultados de la cirugía de ligamento cruzado anterior. [Tesis doctoral]. Madrid, Universidad de Madrid; 1995.
12. McMahon Patrick. Medicina del deporte: Diagnóstico y tratamiento. España. Editorial McGraw-Hill Interamericana. 2007.
13. Bahr Roald, Maehlum Sverre. Lesiones deportivas: Diagnóstico, tratamiento y rehabilitación. Madrid. Editorial Médica Panamericana. 2007.
14. Vicente Sanchis A.; Gastaldi Orquín E.; Pastor Saura G. . Reconstrucción del ligamento cruzado anterior mediante autoinjertos. Controversias, evaluación preoperatoria y aspectos técnicos. Vicente Sanchis A. Cirugía de rodilla, conceptos actuales y controversias. Madrid. Editorial Médica Panamericana. 1995. p. 37 – 54.
15. Kumar Vinay, Abbas Abul, Fausto Nelson. Renovación y reparación tisular: regeneración, curación y fibrosis. En: Ramzi S. Cotran, Stanley L. Robbins. Patología estructural y funcional. 7ma edición. Madrid. Editorial Elsevier. 2006. p. 88 – 120.
16. Ruiz Macarrilla Leonardo. Efecto del plasma rico en plaquetas en la incorporación biológica de una plastia tendinosa en un túnel óseo. [Tesis doctoral]. Barcelona, Universitat de Barcelona; 2011.
17. Sanchis Alfonso V.; Sala Cuartero D.; Monteagudo Castro C.; Valentí Nin J. Bases experimentales de la sustitución intraarticular del ligamento cruzado anterior mediante aloinjertos tendinosos criopreservados. Sanchis Alfonso V. Cirugía de rodilla, conceptos actuales y controversias. Madrid. Editorial Médica Panamericana. 1995. p. 99 – 114.

18. Morán Bermejo M. Tipos de fibras musculares. En: López Chicharro José, Fernández Vaquero Almudena. Fisiología del ejercicio. 3era edición. Madrid. Editorial Médica Panamericana; 2006. p. 93-97.
19. Lara Sánchez Amador Jesús. Biomecánica de la arquitectura muscular y potencia mecánica de salto en jóvenes. Toledo: Universidad de Castilla-La Mancha; 2007.
20. Kapandji Adalbert. Fisiología del recto anterior. María Torres Lacomba. Fisiología articular - Volumen 2. 6ta edición. París. Editorial Médica Panamericana. 2010. p. 148 – 149.
21. Gonzáles-Badillo J.J., Izquierdo Redín Mikel. Fuerza muscular: propiedades biomecánicas del músculo. En: Izquierdo Redín Mikel. Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte. Madrid. Editorial Médica Panamericana; 2008. p. 553-584.
22. Gonzáles-Badillo J.J., Izquierdo Redín M. Fuerza muscular: concepto y tipos de acciones musculares. En: López Chicharro José, Fernández Vaquero Almudena. Fisiología del ejercicio. 3era edición. Madrid. Editorial Médica Panamericana; 2006. p. 98-131.
23. Company Bueno José. Fisioterapia y rehabilitación del deporte. Barcelona. Ediciones Escribá. 1993.
24. Rodríguez García. Fuerza, su clasificación y pruebas de valoración. Revista de la Facultad de Educación, Universidad de Murcia. 2007; 2 - 10.
25. Einsingbach Thomas. Consideraciones teóricas acerca de la fuerza. La recuperación muscular en la fisioterapia y en la rehabilitación. Madrid: Editorial Paidotribo; 1998. p. 25-45.

26. Einsingbach Thomas. Fuerza muscular y la estabilidad de las articulaciones. Gimnasia correctiva postural. 3era edición. Madrid: Editorial Paidotribo; 2002. p. 63-83..
27. Gonzáles-Badillo J. J., Izquierdo Redín M. Valoración de la fuerza. En: López Chicharro José, Fernández Vaquero Almudena. Fisiología del ejercicio. 3era edición. Madrid. Editorial Médica Panamericana; 2006. p. 132-142.
28. Amarante do Nascimento Matheus; Serpeloni Cyrino Edilson; Yuzo Nakamura Fábio; Romanzini Marcelo; Cardoso Pianca Humberto José; Queiróga Marcos Roberto. Validação da equação de Brzycki para a estimativa de 1-RM no exercício supino em banco horizontal. Rev Bras Med Esporte. 2007; 13: 47 – 50.
29. Heyward Vivian H. Evaluación de la aptitud muscular. En: Mesher Liliana, Tzal Karina. Evaluación de la aptitud física y la prescripción del ejercicio. 5ta edición. Madrid. Editorial Médica Panamericana. 2008. p. 117-140.
30. Mcnair Peter J.; Colvin Matt; Reid Duncan. Predicting Maximal Strength of Quadriceps From Submaximal Performance in Individuals With Knee Joint Osteoarthritis. American College of Rheumatology. 2011; 63: 216 - 222.
31. Hernández Sampieri Roberto. Concepción o elección del diseño de investigación. En: Hernández Sampieri Roberto, Fernandez Collado Carlos, Baptista Lucio Pilar. Metodología de la investigación. 4ta edición. México D.F. Editorial McGraw-Hill Interamericana. 2006. p. 157 – 232.
32. Hernández Sampieri Roberto. Análisis de los datos cuantitativos. En: Hernández Sampieri Roberto, Fernandez Collado Carlos, Baptista Lucio Pilar. Metodología de la investigación. 4ta edición. México D.F. Editorial McGraw-Hill Interamericana. 2006. p. 407 – 499.

33. Silberman Fernando, Varaona Oscar. Ortopedia y traumatología. 3era edición. Buenos Aires. Editorial Médica Panamericana. 2010.
34. Delgado Martínez Alberto D. Cirugía ortopédica y traumatología. 2da edición. Madrid. Editorial Médica Panamericana. 2012.
35. Lee E. Brown, Editor. Entrenamiento de la fuerza. Editorial Médica Panamericana. Madrid. National Strength & Conditioning Association. 2008.

ANEXO N° 1

FICHA DE VALORACIÓN DE FUERZA MUSCULAR DE CUÁDRICEPS

I. DATOS PERSONALES

Nombres y apellidos: _____ Edad: _____

Sexo: _____ Masa: _____ Material quirúrgico: _____

Fecha de lesión: _____ Fecha de cirugía: _____ Fecha de evaluación: _____

Antecedentes

| | | | |
|---------------------|--|-----------------|--|
| Lesión tendinosa | | Lesión muscular | |
| Lesión ligamentaria | | Fractura | |
| Lesión meniscal | | Otras | |

Especificar:

II. EVALUACIÓN MUSCULAR

A. Trofismo

| Miembro Inferior Derecho | | Miembro Inferior Izquierdo | |
|------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|
| <i>Descripción diametral</i> | <i>Medida(cm.)</i> | <i>Descripción diametral</i> | <i>Medida(cm.)</i> |
| Diámetro superior | | Diámetro superior | |
| Diámetro medio | | Diámetro medio | |
| Diámetro inferior | | Diámetro inferior | |

B. Longitud

| Miembro Inferior Derecho | | Miembro Inferior Izquierdo | |
|--------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|
| <i>Músculo</i> | <i>Medida (cm.)</i> | <i>Músculo</i> | <i>Medida (cm.)</i> |
| Recto anterior | | Recto anterior | |

C. Fuerza muscular

Test de 1RM

a. Etapa de calentamiento

| | <i>Peso (Kg)</i> | <i>Intensidad</i> | <i>Series</i> | <i>Repeticiones</i> | <i>Pausa</i> |
|--------------------|------------------|-------------------|---------------|---------------------|--------------|
| Ejecución muscular | | | | | |

b. Etapa de prueba

| MI Derecho | Extensión de rodilla “Leg extensión” | | | |
|-------------------|---|---------------------|-----------------|-------------------------------------|
| <i>Ejercicio</i> | <i>Peso (Kg)</i> | <i>Repeticiones</i> | <i>Duración</i> | <i>1RM[kg/(1.0278-0.0278*rep)]</i> |
| <i>Intento 1</i> | | | | |
| <i>Intento 2</i> | | | | |
| <i>Intento 3</i> | | | | |
| <i>Intento 4</i> | | | | |
| <i>Intento 5</i> | | | | |
| <i>Intento 6</i> | | | | |
| <i>Intento 7</i> | | | | |
| <i>Intento 8</i> | | | | |
| <i>Intento 9</i> | | | | |
| <i>Intento 10</i> | | | | |

| MI Izquierdo | Extensión de rodilla “Leg extensión” | | | |
|---------------------|---|---------------------|-----------------|-------------------------------------|
| <i>Ejercicio</i> | <i>Peso (Kg)</i> | <i>Repeticiones</i> | <i>Duración</i> | <i>1RM[kg/(1.0278-0.0278*rep)]</i> |
| <i>Intento 1</i> | | | | |
| <i>Intento 2</i> | | | | |
| <i>Intento 3</i> | | | | |
| <i>Intento 4</i> | | | | |
| <i>Intento 5</i> | | | | |
| <i>Intento 6</i> | | | | |
| <i>Intento 7</i> | | | | |
| <i>Intento 8</i> | | | | |
| <i>Intento 9</i> | | | | |
| <i>Intento 10</i> | | | | |

Relación entre la fuerza y la masa corporal en pruebas seleccionadas con 1RM

HOMBRES

| Empuje en banco | Flexión de brazos | Halado lateral | Empuje de piernas | Extensión de piernas | Flexión de piernas | Puntos |
|-----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------------|--------------------|--------|
| 1.5 | 0.7 | 1.2 | 3 | 0.8 | 0.7 | 10 |
| 1.4 | 0.65 | 1.15 | 2.8 | 0.75 | 0.65 | 9 |
| 1.3 | 0.6 | 1.1 | 2.6 | 0.7 | 0.6 | 8 |
| 1.2 | 0.55 | 1.05 | 2.4 | 0.65 | 0.55 | 7 |
| 1.1 | 0.5 | 1 | 2.2 | 0.6 | 0.5 | 6 |
| 1 | 0.45 | 0.95 | 2 | 0.55 | 0.45 | 5 |
| 0.9 | 0.4 | 0.9 | 1.8 | 0.5 | 0.4 | 4 |
| 0.8 | 0.35 | 0.85 | 1.6 | 0.45 | 0.35 | 3 |
| 0.7 | 0.3 | 0.8 | 1.4 | 0.4 | 0.3 | 2 |
| 0.6 | 0.25 | 0.75 | 1.2 | 0.35 | 0.25 | 1 |

| Puntaje total | Categoría de aptitud en relación con la fuerza |
|---------------|--|
| 9-10 | Excelente |
| 6-8 | Bueno |
| 3-5 | Regular |
| 1-2 | Malo |

* Heyward, Vivian. Evaluación de la aptitud física y prescripción del ejercicio. 2006.

ANEXO N° 2

CONSENTIMIENTO INFORMADO

“ESTUDIO DE LA FUERZA MUSCULAR DEL CUÁDRICEPS EN PACIENTES POST OPERADOS DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR”

Investigador: Pedro Pablo Olivera Cárdenas

Propósito

El investigador, egresado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos realiza un estudio de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior en el Centro Medico Naval Cirujano Mayor Santiago Távara.

La reconstrucción quirúrgica de este ligamento es una de las cirugías más usadas en el campo traumatológico. Esto debido a la alta incidencia de lesiones en que se produce la ruptura del mismo. Sin embargo, el estadio post quirúrgico trae consigo una serie de complicaciones entre las que se destaca la debilidad del grupo extensor de rodilla. Es por ello, que nuestra investigación busca establecer la disminución de fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior.

Participación

Este estudio pretende establecer la disminución de la fuerza muscular del cuádriceps en pacientes post operados de ligamento cruzado anterior, para de esta manera lograr una mejora en el establecimiento de objetivos y metas, junto a un adecuado seguimiento de los casos clínicos. Si usted acepta participar en el estudio, deberá asistir al gimnasio del Servicio de Medicina Física y Rehabilitación, utilizando ropa ligera (polo, short, zapatillas, etc.). Posterior a ello, se realizará una fase de activación muscular por parte del investigador. Consecuentemente, iniciará la fase de evaluación muscular con una etapa de calentamiento, donde realizará dos series de diez (10) repeticiones de extensión de rodilla desde la posición de sedestación. Una vez finalizada esta etapa, iniciará el test de fuerza máxima, donde sentado en el banco de cuádriceps, realizará la acción de extender la rodilla post operada, en series de diez (10) repeticiones, con descanso de tres (3) minutos entre cada intento, aumentando la carga en progresión de 0.25 kg por serie. La duración de la prueba, estará en relación al número de intentos que usted pueda realizar, sin compensaciones o signos de fatiga. No obstante, el promedio de duración, oscila entre 15 a 20 minutos.

Riesgos

Este estudio no representa ningún riesgo para usted. Para su participación solo es necesaria su autorización y que cumpla las indicaciones de la prueba de valoración.

Beneficios

Es importante señalar que con su participación contribuye a mejorar los protocolos del manejo kinesioterapéutico del paciente en el campo de la salud, y en particular, en la terapia física y rehabilitación.

Costos

La participación en el estudio no tiene ningún costo para usted. La valoración se realizará previo permiso del Centro Médico Naval “Cirujano Mayor Santiago Távara”, antes del inicio del tratamiento de medicina física y rehabilitación.

Confidencialidad

Toda información obtenida en el estudio es completamente confidencial, solamente los miembros del equipo de trabajo conocerán los resultados y la información.

Si fuera necesario se asignará un número a cada uno de los participantes, y éste se usará para el análisis, presentación de resultados, publicaciones, etc. de manera que su nombre permanecerá en total confidencialidad. Con esto ninguna persona ajena a la investigación podrá conocer los nombres de los participantes.

Requisitos de participación

Los posibles candidatos/candidatas deberán ser pacientes post operados de ligamento cruzado anterior, entre 20 a 50 años.

Al aceptar la participación deberá firmar este documento llamado consentimiento informado, con lo cual autoriza y acepta la participación en el estudio libre y voluntariamente. Sin embargo, si usted no desea participar el estudio por cualquier razón, puede retirarse con toda libertad sin que esto represente algún gasto, pago o consecuencia negativa por hacerlo.

Donde conseguir información

Para cualquier consulta, queja o comentario favor comunicarse con Pedro Pablo Olivera Cárdenas, al teléfono 987658955; donde con mucho gusto será atendido.

Declaración voluntaria

Yo he sido informado(a) del objetivo del estudio, he conocido los riesgos, beneficios y la confidencialidad de la información obtenida. Entiendo que la participación en el estudio es gratuita. He sido informado(a) de la forma de cómo se realizará el estudio y de cómo se realizará la valoración. Estoy enterado(a) también que puedo dejar de participar o no continuar en el estudio en el momento en que lo considere necesario, o por alguna razón específica, sin que esto represente que tenga que pagar, o recibir alguna represalia de parte del equipo o de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Por lo anterior acepto voluntariamente participar en la investigación:

**“ESTUDIO DE LA FUERZA MUSCULAR DEL CUÁDRICEPS EN
PACIENTES POST OPERADOS DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR”**

Nombre del paciente: _____

Firma: _____ Fecha: _____

Dirección: _____ DNI: _____

